

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DE LA HUMEDAD DEL GRANO Y PRESIÓN  
DEL EXPANSOR EN EL PROCESO DE EXPANDIDO  
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) BLANCA Y  
ROJA EN AYACUCHO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR:  
LILIANA KARINA HUAMANI VALENZUELA**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2019**

*A Teovaldo, Andrea, Evelyn, Yomara,  
Rober y Arianna... mi adorada familia,  
por su incondicional apoyo en todo  
momento.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios principalmente por darme sabiduría y bendecirme en cada paso que he dado hasta el día de hoy

A mi alma mater la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por sus aulas, laboratorios, biblioteca y todos sus ambientes donde viví innumerables experiencias.

A la escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a toda su plana docente y administrativa por inculcarme sus conocimientos y buenos hábitos de estudio para así desarrollarme profesionalmente y ser competitivo en el ámbito laboral y profesional.

A mi familia quienes han sido y serán una fuente inagotable de inspiración para mí, lo que me motiva a superarme cada día más.

A mis amistades que me ayudaron durante todo este proceso permitiendo así cumplir con esta meta y seguir cumpliendo con mis sueños.

## ÍNDICE GENERAL

Pág.

### RESUMEN

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
------------------------------	---

### II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Quinoa.....	4
2.1.1 Clasificación Taxonómica.....	5
2.1.2 Propiedades nutricionales.....	5
2.1.3 Composición y valor funcional .....	6
2.1.4 Diversidad genética y variedades.....	9
2.1.5 Características de los cereales a expandir .....	10
2.1.6 Composición química de las variedades .....	11
2.2. Almidón .....	11
2.2.1 Estructura química .....	12
2.2.2 Rendimiento del almidón de las variedades en estudio .....	14
2.2.3 Caracterización de la composición químico proximal y fisicoquímico del almidón de las variedades en estudio.....	14
2.2.4 Propiedades funcionales del almidón de las variedades de quinua en estudio	15
2.2.5 Gelatinización del almidón .....	15

2.3 Tecnología de expandidos.....	18
2.3.1 Proceso de expansión .....	18
2.3.2 Fundamento.....	18
2.3.3 Etapas del proceso de expansión por explosión para cereales .....	20
2.3.4 Equipo empleado - Cañón manual de disparo simple.....	21
2.3.5 Efecto de proceso de expandidos sobre los alimentos .....	22
2.3.6 Estabilidad de los productos expandidos .....	23
2.4 Expandido de quinua – Requisitos.....	24
2.4.1 Requisitos químico proximal .....	25
2.4.2 Requisitos sensorial.....	24
2.5 Variables en estudio .....	25
2.5.1 Humedad del grano .....	25
2.5.2 Presión manométrica.....	26
2.6 Análisis sensorial .....	30
2.6.1 Pruebas para evaluación sensorial.....	32
2.7 Método de las Superficie de Respuesta.....	35
2.7.1 Diseño de segundo orden rotacional .....	35
2.7.2 Diseño rotacionales centrales compuestos .....	36
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
3.1 Lugar de ejecución .....	38

3.2	Materia prima, materiales y equipos.....	38
3.2.1	Materia prima.....	38
3.2.2	Materiales.....	39
3.2.3	Equipos.....	40
3.3	Metodología experimental.....	40
3.3.1	Acondicionamiento de materia prima.....	40
3.3.2	Obtención de grano expandido de quinua.....	41
3.3.3	Determinación del Índice de Expansión (IE).....	44
3.3.4	Determinación del rendimiento másico del proceso.....	44
3.3.5	Determinación de humedad final (HF).....	44
3.3.6	Análisis sensorial.....	45
3.4	Diseño experimental.....	45
3.5	Procesamiento y análisis de los datos.....	46
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1	Humidificación del grano.....	48
4.2	Efecto de la humedad y presión en el índice de expansión.....	51
4.3	Efecto de la humedad y presión en el rendimiento másico del proceso.....	56
4.4	Efecto de la humedad y presión en la humedad del expandido.....	59
4.5	Evaluación sensorial.....	63
4.6	Optimización múltiples respuestas.....	65

4.7 Composición proximal del expandido de quinua roja y expandido de quinua blanca.....	66
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 2.1: Descripción taxonómica de la planta de quinua.....	5
Tabla 2.2: Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos (%)......	6
Tabla 2.3: Composición químico proximal en base húmeda y seca de la quinua roja Pasankalla y blanca Junín.....	11
Tabla 2.4: Análisis químico proximal del almidón obtenido de las variedades de quinua. ....	14
Tabla 2.5: Evaluación de las propiedades funcionales del almidón de las variedades de quinua. ....	15
Tabla 2.6: Valores de presión para la expansión de diferentes granos.....	20
Tabla 2.7: Requisitos físico químicos de expandidos de quinua.....	25
Tabla 2.8: Influencia de la presión y humedad de la materia prima en el rendimiento, densidad y humedad final de la kiwicha expandida..	29
Tabla 2.9: Influencia de la presión y humedad de la materia prima en el rendimiento, índice de expansión y humedad final del maíz expandida.....	30
Tabla 2. 10: Pruebas de evaluación sensorial.....	33
Tabla 3.1: Diseño experimental para la determinación del efecto de los parámetros en el proceso de expandidos de quinua roja .....	46
Tabla 4.1: Valores de las humedades alcanzadas en la humidificación de la quinua roja Pasankalla y blanca Junín.....	49
Tabla 4.2: Cantidades de agua en mL para obtener la humedad requerida.....	51



Tabla 4.3: Valores de índice de expansión por tratamiento en quinua roja Pasankalla y blanca Junín.....	52
Tabla 4.4: Valores de rendimiento de proceso por tratamiento en quinua roja Pasankalla y blanca Junín.....	56
Tabla 4.5: Valores de humedad del expandido por tratamiento en quinua roja Pasankalla y blanca Junín.....	59
Tabla 4.6: Optimización de múltiples respuestas en el proceso de expandido de quinua roja y blanca.....	65
Tabla 4.7: Composición proximal de expandido de quinua roja y blanca. ....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1: Esquema de moléculas de amilosa y amilopectina .....	13
Figura 2.2: Cañón manual de disparo simple .....	22
Figura 2.3: Cañón manual de disparo simple .....	36
Figura 3.1 Muestras de quinua blanca Junín y roja Pasankalla.....	39
Figura 3.2: Diagrama de flujo del proceso productivo para la obtención de grano expandido de quinua. ....	43
Figura 4.1: Curva de absorción de agua – quinua roja Pasankalla.....	50
Figura 4.2: Gráfica de la curva de absorción de agua – quinua blanca Junín ..	51
Figura 4.3: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en el índice de expansión de la quinua roja expandida.....	53
Figura 4.4: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en el índice de expansión de la quinua blanca expandida. ....	54
Figura 4.5: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en el rendimiento de la quinua roja expandida .....	57
Figura 4.6: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en el rendimiento de la quinua blanca expandida.....	58
Figura 4.7: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en la humedad final de la quinua roja expandida, .....	61
Figura 4.8: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en la humedad final de la quinua blanca expandida .....	62

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la humedad del grano y presión del expansor en el proceso de expansión de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) blanca y roja en Ayacucho. Se probó dos variedades de quinua (roja Pasankalla y blanca Junín), evaluando el efecto que ejerce las presiones de 190, 200, 225, 250 y 260 psi así como las humedades de 9, 10, 12,5; 15 y 16 % en el índice de expansión, humedad final y rendimiento, además de la influencia en las características sensoriales. La investigación correspondió al tipo experimental, según el grado de manipulación de variables, donde se empleó la metodología de Superficie respuesta, con un diseño de compuesto central rotatable. La parte experimental se desarrolló acondicionando la quinua escarificada a humedades mencionadas líneas arriba, con la previa determinación de humedad inicial bajo el método de desecación por estufa (A.O.A.C., 2000); posteriormente se realizó la expansión bajo las presiones ya mencionadas. Una vez se obtuvo el producto expandido se evaluó el índice de expansión por el método (Tacora, 2010), rendimiento (Sullivan, 1995) y humedad final, por último se realizó el análisis sensorial utilizando la prueba de Friedman para pruebas no paramétrica. Obteniendo como resultado, que la humedad de grano y presión de expansión, juegan un papel importante, donde se logró incrementar el índice de expansión, nueve veces su tamaño inicial en la quinua roja y seis veces en la quinua blanca, disminuyó la humedad final a 6 %, y se obtuvo un rendimiento aproximado de 66% , encontrándose además que la quinua de variedad roja Pasankalla presentó mejores características físicas, que la variedad blanca Junín, obteniendo valores óptimos con un el tratamiento de 15% de humedad y 250 psi de presión. En el

análisis sensorial los productos con mejor aceptación fueron a humedad de 16 % y presión de 225 psi, en cuanto a color, sabor y apariencia.

**Palabras Clave:** Quinoa, expansión, expandidos, presión, humedad

## I. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es uno de los cultivos andinos más nutritivos en la actualidad, considerada como el alimento más completo para la nutrición humana. La importancia de la quinua radica no en la cantidad de proteínas (13,81 %), sino en la calidad de estas que tiene una composición balanceada de aminoácidos, basada en proteínas de la mejor calidad en comparación a otros cereales, que le otorgan un alto valor biológico. (Rojas *et al.*, 2010) Por estas características, la quinua puede ser transformada en productos de alto valor agregado, mejorando su presentación, facilitando su preparación y permitiendo el óptimo aprovechamiento de sus componentes nutritivos, tal es el caso de los productos expandidos.

Los expandidos, son granos de cereales que han pasado por cambios bruscos de temperatura y presión que hacen que se produzca este fenómeno de expansión, ocasionando que el tamaño inicial se incremente. El fundamento de este proceso es la vaporización explosiva del agua al interior del grano, combinado convenientemente con los efectos físicos de presión y temperatura del alimento.

En la industria alimentaria, la quinua viene siendo un alimento de gran aporte debido a sus características agronómicas y valor nutritivo, razón por la que su comercialización es dada en diferentes presentaciones y formas, sin embargo por características de este producto de tener componentes nutritivos muy buenos se requiere trabajar de manera metódica.

Dentro del proceso tecnológico de expandidos, la tecnología es aún muy rudimentaria para lo cual este producto por sus características requiere conocer las variables de proceso de manera más precisa que en la actualidad no es muy conocida en la ciudad de Ayacucho, donde no se cuenta con información respecto a productos expandidos, metodología de proceso ni parámetros a tener en cuenta para su elaboración considerando las condiciones ambientales de la región, el poder estudiarlos y darlos a conocer contribuirá con el desarrollo del producto permitiendo dar un valor agregado a la materia prima e impulsar su comercialización. Con el trabajo de investigación como solución a este problema se propone hacer el estudio de los efectos de las variables en el proceso para lo cual se establecen los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de la humedad del grano y presión del expansor en el proceso de expandido de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) blanca y roja en Ayacucho.

Los objetivos específicos son:

- Determinar el efecto del porcentaje de humedad del grano y presión del expansor en el índice de expansión de la quinua expandida (*Chenopodium quinoa* Willd) blanca y roja en Ayacucho.

- Determinar el efecto del porcentaje de humedad del grano y presión del expansor en el rendimiento másico de la quinua expandida (*Chenopodium quinoa* Willd) blanca y roja en Ayacucho.
- Determinar el efecto del porcentaje de humedad del grano y presión del expansor en la humedad de la quinua expandida (*Chenopodium quinoa* Willd) blanca y roja en Ayacucho.
- Evaluar las características sensoriales de la quinua expandida (*Chenopodium quinoa* Willd) blanca y roja en Ayacucho.
- Evaluar la composición proximal del producto óptimo de la quinua expandida (*Chenopodium quinoa* Willd) blanca y roja en Ayacucho.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) es un grano alimenticio que se cultiva ampliamente en la región andina, desde Colombia hasta el norte de la Argentina, por las condiciones que ofrecen las montañas de altura, aunque existe un ecotipo que se cultiva en Chile a nivel del mar. En la actualidad, el Perú es el país donde más se cultiva la quinoa y donde se ha seleccionado una serie de variedades (Tapia, 1997).

La quinoa es uno de los cultivos andinos que, a diferencia de la papa o el maíz, no ha alcanzado una importancia global sobre todo debido a su bajo rendimiento y a que presenta una sustancia amarga y antinutricional llamada saponina, la cual debe ser removida del grano antes de su cocción o procesamiento (Aguirre, 2003). El grano de la quinoa no es un alimento excepcionalmente alto en proteínas, aunque supera en este nutriente a los cereales más importantes como el trigo, cebada, el maíz y el arroz. El verdadero valor de la quinoa está en la calidad de



sus proteínas, es decir, de la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, que le otorgan un alto valor nutritivo (Tapia *et al.*, 1979).

### 2.1.1 Clasificación Taxonómica

González (2003) menciona que la quinua es considerada un pseudocereal porque pertenece a la familia Chenopodiáceas (familia de la espinaca y la remolacha) y no a la familia de las gramíneas (como el trigo). El género *Chenopodium*, es el principal dentro de esta familia y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies (Giusti, 1970).

**Tabla 2.1: Descripción taxonómica de la planta de quinua.**

División	Magonoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Chenopodiaceas
Género	Chenopodium
Sección	Chenopodia
Subsección	Cellulata
Especie	<i>Chenopodium quinoa Willd</i>

**Fuente: Cronquist (1995); Wilson (1980).**

### 2.1.2 Propiedades nutricionales

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13,81 y 21,9 % dependiendo de la variedad. Debido al elevado contenido de aminoácidos

esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO. Al respecto Risi (1991) acota que el balance de los aminoácidos esenciales de la proteína de la quinua es superior al trigo, cebada y soya, comparándose favorablemente con la proteína de la leche. Su composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con la carne, el huevo, el queso y la leche se presenta en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2: Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos (%).**

Componentes (%)	Quinua	Carne	Huevo	Queso	Leche vacuna	Leche Humana
Proteínas	13,00	30,00	14,00	18,00	3,50	1,80
Grasas	6,10	50,00	3,20	-	3,50	3,50
Hidratos de carbono	71,00	-	-	-	-	-
Azúcar	-	-	-	-	4,70	7,50
Hierro	5,20	2,20	3,20	-	2,50	-
Calorías 100 g.	350	431	200	24	60	80

**Fuente: Risi (1991).**

### 2.1.3 Composición y valor funcional

Son fuentes de proteínas de muy buena calidad. La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que por ejemplo las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos. Sin embargo, a pesar de su buen contenido de nutrientes, las investigaciones realizadas concluyen que los aminoácidos de la proteína en la harina cruda y sin lavar no están del todo

disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. Estas sustancias son los glucósidos denominados saponinas.

La quinua posee un alto porcentaje de fibra dietética total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal que actúa como un depurador del cuerpo, logrando eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo. Produce sensación de saciedad. El cereal en general y la quinua en particular, tiene la propiedad de absorber agua y permanecer más tiempo en el estómago (Tapia, 1997).

**a) Proteínas**

La calidad nutricional de un producto depende tanto de la cantidad como de la calidad de sus nutrientes. La quinua según Jacobsen y Sherwood (2002) presenta el valor de 13,81 g/100 g de materia seca que, comparado con trigo Manitoba 16,0 g/100g y Triticale 15,0 g/100 g, no tiene un alto contenido de proteínas.

En general, si se hace una comparación entre la composición de nutrientes de la quinua y los del trigo, arroz y maíz se puede corroborar que los valores promedios que reportan para la quinua son superiores a los tres cereales en cuanto al contenido de proteína, grasa y ceniza (Rojas *et al.*, 2010). Entre el 16 y el 20 % del peso de una semilla de quinua lo constituyen proteínas de alto valor biológico, entre ellas todos los aminoácidos, incluidos los esenciales. Cien gramos de quinua contienen casi el quintuple de lisina, más del doble de isoleucina, metionina, fenilalanina, treonina y valina, y cantidades muy superiores de leucina (todos ellos aminoácidos esenciales junto con el triptófano) en comparación con 100 gramos de trigo. Además supera a este –en algunos casos por el triple- en las cantidades

de histidina, arginina, alanina y glicina además de contener aminoácidos no presentes en el trigo como la prolina, el ácido aspártico, el ácido glutámico, la cisteína, la serina y la tirosina (todos ellos aminoácidos no esenciales).

## **b) Grasas**

Estudios realizados en el Perú al determinar el contenido de ácidos grasos encontraron que el mayor porcentaje de ácidos grasos presentes en este aceite es el Omega 6 (ácido linoleico), siendo de 50,24 % para quinua, valores muy similares a los encontrados en el aceite de germen de maíz, que tiene un rango de 45 a 65 %.

El Omega 9 (ácido oleico) se encuentra en segundo lugar, siendo 26,04 % para aceite de quinua. Los valores encontrados para el Omega 3 (ácido linolénico) son de 4,77 %, seguido del ácido palmítico con 9,59 %. Encontramos también ácidos grasos en pequeña proporción, como el ácido esteárico y el eicosapentaenoico. La composición de estos ácidos grasos es muy similar al aceite de germen de maíz.

La quinua ayuda a reducir el colesterol LDL (o colesterol malo) del organismo y elevar el colesterol HDL (o colesterol bueno) gracias a su contenido en ácidos grasos omega 3 y omega 6.

En algunos casos, el 82,71 % de ácidos grasos en el aceite de quinua pertenece a ácidos grasos insaturados. En las últimas décadas, los ácidos grasos insaturados han cobrado gran importancia por la actividad benéfica para el organismo que se les atribuye, al mantener la fluidez de los lípidos de las membranas (Wood *et al.*, 1993)

### c) **Carbohidratos**

Los carbohidratos de las semillas de quinua contienen entre un 58 y 68 % de almidón y un 5 % de azúcares, lo que la convierte en una fuente óptima de energía que se libera en el organismo de forma lenta por su importante cantidad de fibra (Llorente J.R., 2008).

El almidón es el carbohidrato más importante en todos los cereales. Constituye aproximadamente del 60 a 70 % de la materia seca. En la quinua, el contenido de almidón es de 58,1 a 64,2 % (Bruin, 1964). El almidón en las plantas se encuentra en la forma de gránulos. Los gránulos de cada especie tienen tamaño y forma característicos. Los gránulos del almidón de la quinua tienen un diámetro de 2  $\mu\text{m}$ , siendo más pequeños que los granos comunes. El almidón de la quinua ha sido estudiado muy poco. Sería importante estudiar sus propiedades funcionales.

Ahamed *et al.* (1998) mencionan que el almidón de quinua tiene una excelente estabilidad frente al congelamiento y la retrogradación.

La variación genética del tamaño de gránulo de almidón de quinua fluctuó entre 1 a 28  $\mu\text{m}$ , permitiendo dar una orientación agroindustrial para realizar las distintas mezclas con cereales y leguminosas y establecer el carácter funcional de la quinua (Rojas *et al.*, 2010).

#### **2.1.4 Diversidad genética y variedades**

Según Mujica (1992) las quinuas cultivadas tienen una gran diversidad genética, mostrando variabilidad en la coloración de la planta, inflorescencia y semilla, en los tipos de inflorescencia, y en el contenido de proteína, saponina y betacianina en las hojas, con lo que se obtiene una amplia adaptación a diferentes condiciones

agroecológicas (suelos, precipitación, temperatura, altitud, resistencia a heladas, sequía, salinidad o acidez).

En Perú se obtuvieron las siguientes variedades: Amarilla Maranganí, Kancolla, Blanca de Juli, Cheweca, Witulla, Salcedo-INIA, Iplla-INIA, Quillahuaman-INIA, Camacani I, Camacani II, Huariponcho, Chullpi, Roja de Coporaque, Ayacuchana-INIA, Huancayo, Hualhuas, Mantaro, Huacataz, Huacariz, Rosada de Yanamango, Namora, Tahuaco, Yocará, Wilacayuni, Pacus, Rosada de Junín, Blanca de Junín, Acostambo y Blanca Ayacuchana (Mujica *et al.*, 2004; Mujica, 1992).

#### **2.1.5 Características de los cereales a expandir**

Los granos sometidos al proceso de expansión deben ser de buen tamaño y estar enteros. La carga de contaminantes que poseen no debe ser superior al 5 %, dentro de los cuales se contemplan semillas de malezas, otros tipos de granos y piedras pequeñas. La humedad adecuada es de 9 –12 % ya que los granos demasiado húmedos pueden ser afectados por mohos durante el almacenamiento, mientras que los granos muy secos tienden a romperse durante el proceso (Anzaldúa, 1994).

Prácticamente todos los granos que contienen almidón pueden ser expandidos, sin embargo algunos presentan mayor grado de expansión que otros. Por lo general los granos con un contenido de 5 – 20 % de amilosa son los que presentan mejor textura y expansión (Aykroyd, 1970). Además de estas características que son generales y se aplican a todos los tipos de granos, existen restricciones individuales que dependen exclusivamente del cereal empleado. A continuación

se describirán las principales características del grano y las variedades utilizados en el estudio.

### 2.1.6 Composición química de las variedades

En la tabla 2.3 se encuentra la composición química de las variedades empleadas en la investigación.

**Tabla 2 3: Composición químico proximal en base húmeda y seca de la quinua roja Pasankalla y blanca Junín.**

Componentes	Quinua roja Pasankalla		Quinua blanca Junín	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Humedad	11,66	-----	11,34	-----
Proteína	11,21	12,68	12,11	13,64
Lípidos	5,21	5,89	6,32	7,10
Fibra	3,52	3,96	4,28	4,84
Cenizas	3,12	3,5	3,86	4,40
Carbohidratos	68,79	77,92	66,37	74,85
Energía	366,84	-----	370,71	-----

**Fuente: Arzapalo Doyle et al. ( 2015)**

El grano que ha alcanzado la madurez fisiológica está formado por hidratos de carbono, proteínas, lípidos, sustancias minerales y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas, enzimas y otras sustancias, que son nutrientes importantes de la dieta humana.

## 2.2. Almidón

La mayor reserva de energía, en casi todas las plantas, es el almidón. De todos los polisacáridos es el único producido en pequeños agregados individuales

denominados gránulos. Debido a que son sintetizados en las células de cada planta, adquieren la forma y tamaño prescritos por el sistema biosintético de la misma. Por lo tanto varían de planta a planta (Fennema, 1993).

Se diferencia de todos los demás carbohidratos en la naturaleza en que se presenta como complejas partículas discretas (gránulos). Los gránulos de almidón son relativamente densos e insolubles, y se hidratan muy mal en agua fría. Pueden ser dispersados en agua dando lugar, dando lugar a la formación de suspensiones de baja viscosidad que pueden ser fácilmente mezcladas y bombeadas, incluso a concentraciones mayores del 35 %. La capacidad de formar soluciones viscosas es alcanzada sólo cuando la suspensión de los gránulos es sometida a la acción del calor y agitación (Fennema, 2000).

### **2.2.1 Estructura química**

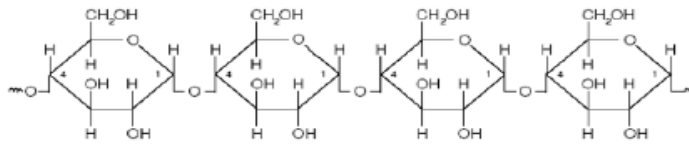
El almidón es un polisacárido constituido de largas cadenas con centenas o millares de unidades recurrentes de D-glucosa que se diferencian en la forma con que estas unidades están ligadas entre sí. Los polímeros de glucosa que constituyen el gránulo de almidón son la amilosa y la amilopectina (Lehninger, 1988). (Ver figura 2.1)

La amilosa es una  $\alpha$ -D-(1 - 4) – glucana, cuya unidad repetitiva es la  $\alpha$ -maltosa. Tiene facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la cual cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa (Badui, 1995).

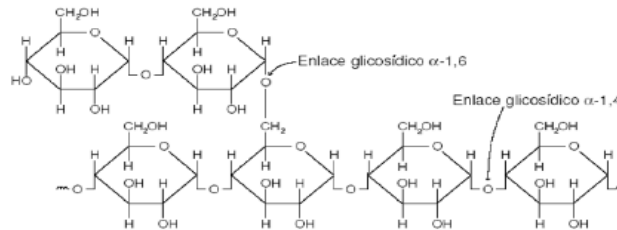
En la amilopectina las ramas están unidas al tronco central, que se asemeja a la amilosa, por enlaces  $\alpha$ -D-(1-6), localizados a cada 20 – 30 unidades lineales de glucosa.



a) Amilosa



b) Amilopectina



**Figura 2.1:** Esquema de moléculas de amilosa y amilopectina  
Fuente: Aristizabal y Sánchez (2007)

Fenema (1993), menciona que la disposición de las moléculas de amilosa y amilopectina en el gránulo de almidón aún no es conocida, sin embargo parece que se encuentran distribuidas de manera uniforme.

Según Kent (1987) la cantidad de amilosa en el almidón de los genotipos corrientes de cereal es de 25 – 27 %, mientras que en las variedades llamadas ceras, el almidón está formado casi exclusivamente de amilopectina. También existen genotipos que contienen almidón con altos niveles de amilosa.

Los almidones son cuerpos birrefringentes, lo que significa que tienen dos índices de refracción de la luz, por lo cual cuando se irradian desarrollan la típica “cruz de malta”. Esto se debe a que la molécula posee zonas cristalinas y amorfas. Las zonas cristalinas ocupan de 15 a 45 % del gránulo y están conformadas por moléculas de amilosa ordenadas paralelamente a través de puentes de hidrógeno, mientras que las zonas amorfas están constituidas por moléculas de amilopectina

que no tienen la capacidad de unirse entre sí o con la amilosa. Los gránulos que contiene una mayor cantidad de la fracción ramificada no presentan birrefringencia. Además son más fácilmente gelatinizados ya que el agua gelatiniza solamente las partes amorfas del gránulo (Badui, 1995)

### 2.2.2 Rendimiento del almidón de las variedades en estudio

La variedad quinua blanca Junín presenta un rendimiento de almidón de 30,62 % superior al de la quinua roja Pasankalla que tiene 26,70 %, cabe destacar que estos valores superan al porcentaje de fuentes importantes de almidón como la papa, camote, yuca y maíz (7-18 %). La diferencia en el rendimiento, se debe a las variedades en estudio y a las condiciones climatológicas en las que sedesarrollan. Ello está corroborado por (Singh *et al.*, 2003); donde la relación amilosa/amilopectina en los almidones varía de acuerdo al origen botánico, al clima y tipo de suelo, al proceso de obtención y purificación, así como de las condiciones de almacenamiento (Arzapalo *et al.*, 2015).

### 2.2.3 Caracterización de la composición químico proximal y fisicoquímico del almidón de las variedades en estudio.

**Tabla 2.4: Análisis químico proximal del almidón obtenido de las variedades de quinua.**

Componentes	Quinua roja Pasankalla		Quinua blanca Junín	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Humedad	11,22	-----	11,10	-----
Proteína	0,24	0,27	0,28	0,31
Lípidos	4,22	4,78	5,01	5,66
Fibra	1,80	2,04	2,77	3,13
Cenizas	0,41	0,46	0,35	0,40
Carbohidratos	75,19	93,00	73,78	90,96
Energía	367,42	-----	368,19	-----

**Fuente: Arzapalo Doyle *et al.* (2015)**

#### 2.2.4 Propiedades funcionales del almidón de las variedades de quinua en estudio

Las propiedades funcionales del almidón de las variedades de quinua, presentan una baja solubilidad de 5 % y restringido poder de hinchamiento de 0,7 % con ( $p>0,05$ ) estadísticamente, comprobando que sus gránulos tienen fuerzas o enlaces de unión muy fuertes.

**Tabla 2.5: Evaluación de las propiedades funcionales del almidón de las variedades de quinua.**

Propiedades funcionales	Quinua roja	Quinua
	Pasankalla	blanca Junín
Viscosidad (cp)	1009,00	1521,50
Gelatinización (°C)	68,00	68,50
Solubilidad (%)	4,94	4,97
Absorción de agua (%)	4,84	4,33
Hinchamiento (%)	0,74	0,66
Retrogradación (%)	70,71	72,34

**Fuente: Arzapalo Doyla *et al.* (2015)**

Se mostró un alto rango de temperatura de gelatinización (66 – 69 °C) con ( $p>0,05$ ) entre las variedades. La mayor temperatura de gelatinización es a 65 °C y la menor a 55 °C; en cambio, el mayor tiempo de gelatinización es a 10 minutos y el menor a 5 minutos, o sea, el proceso de gelatinización guarda una relación directa entre temperatura, tiempo y variedad de quinua (Arzapalo *et al.*, 2015).

#### 2.2.5 Gelatinización del almidón

Cuando están intactos, los gránulos de almidón son insolubles en agua fría. Si se rompe su membrana externa al ser molido, los gránulos de almidón se hinchan y forman un gel. Cuando se tratan los gránulos enteros con agua tibia, ésta se

difunde a través de sus membranas y extrae una parte del almidón. En agua caliente se hinchan a tal extremo que revientan (Morrison, 1984).

Según Charley (1988), el almidón puede sufrir dos tipos de hinchamiento: reversible e irreversible. El hinchamiento reversible ocurre cuando los granos de almidón no cocidos, ni dañados, son colocados en agua fría. Lo que ocurre es una absorción y un hinchamiento limitado del agua y la reversibilidad del proceso se debe a que la cristalinidad y birrefringencia de los gránulos no cambian. La captación de agua se hace de forma exotérmica. El segundo método es la gelatinización del almidón, que se menciona, a continuación, más detalladamente.

La energía cinética de las moléculas de agua en contacto con el almidón aumenta de tal manera que se rompen los enlaces intermoleculares produciéndose una atracción entre las moléculas de almidón y el agua, lo que permite la formación de puentes de hidrógeno entre ellas.

Las moléculas de agua penetran en el grano de almidón, primero en las zonas intermicelares amorfas, que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas. La captación de agua de los gránulos de almidón comienza a una temperatura variable, de acuerdo con la fuente del almidón. Cuando se inicia la captación del agua, la suspensión lechosa, en que se encuentra el almidón cuando está en contacto con el agua fría, se hace más translúcida y menos opaca y los granos hinchados pierden su birrefringencia y se inicia entonces el espesamiento del líquido. Por lo tanto, se denomina “punto de gelatinización” o temperatura de

gelatinización, a aquélla en la cual se alcanza el máximo de viscosidad y se pierde la birrefringencia (Badui, 1995).

El aumento en la translucidez se debe a que el índice de refracción de los granos hinchados se acerca al del agua. Debido al gran número de grupos hidroxilo presentes en las moléculas de almidón, estos granos pueden absorber grandes cantidades de agua. Diferente del hinchamiento reversible, en el caso de la gelatinización, los granos de almidón, aunque pueden ser secados, no regresarán a su condición original.

La gelatinización es completa en la mayoría de los almidones a una temperatura no mayor de 95 °C. Los almidones céreos se gelatinizan más fácilmente que los normales pues existen menos zonas cristalinas.

Durante el proceso de expansión de cereales primero debe haber una gelatinización del grano, así cuanto menor el porcentaje de amilosa, mayor será el volumen de expansión (FAO, 2001)

En realidad, la temperatura de gelatinización no es un valor exacto sino que ocurre dentro de un intervalo ya que los gránulos tienen diferente composición y grado de cristalización, aun cuando provengan de la misma fuente botánica. Esto hace con que algunos sean más resistentes que otros. Por esta razón puede haber diferencia de hasta 10 °C entre la temperatura de gelatinización de los primeros gránulos y de los últimos (Badui, 1995).

Entre más grandes son los granos, tienden a hincharse a menores temperaturas. También la presencia de compuestos químicos puede favorecer o inhibir los puentes de hidrógeno influyendo así en la temperatura de gelatinización. Aguilera (EPN, 1992) menciona que el agua afecta de manera muy importante la temperatura de gelatinización de la mayoría de los gránulos de almidón. Así a medida que se aumenta el contenido de agua hasta 60 %, la temperatura de gelatinización disminuye.

### **2.3 Tecnología de expandidos**

Los expandidos de quinua son aquellos granos de quinua perlada que han sido sometidos a un proceso de expansión, es decir sometidos a cambios bruscos de temperatura y presión que hacen que se produzca este fenómeno de expansión (Mujica y Ortiz, 2006).

#### **2.3.1 Proceso de expansión**

El proceso de expansión se da por la gelatinización del almidón. Esto bajo condiciones de altas temperaturas y alta presión, con la subsecuente caída drástica de esta última el cual involucra una repentina transferencia de partículas de vapor sobrecalentado dentro de un espacio a baja presión, lo que ocasiona una expansión del grano hasta un tamaño mucho mayor que el original.

#### **2.3.2 Fundamento**

El fundamento de este proceso es la vaporización explosiva del agua al interior del material alimenticio, combinado convenientemente con los efectos físicos de presión y temperatura de dicho alimento. La expansión por explosión es el

proceso por el cual, añadiendo calor a alta presión a la humedad residual que contiene el producto, estas se calientan por encima de su punto de ebullición atmosférica, convirtiéndose en agua sobrecalentada.

Durante este mismo instante, comienza a ocurrir una "plastización" de dicho producto, obteniendo el expandido o QUINUA POP. En estas condiciones cuando repentinamente se produce una caída brusca de presión por la descarga del producto a la atmósfera dicha agua residual, transforma en expandido mediante el vapor, el cual sale con fuerza, aumentando varias veces el tamaño del producto y confiriéndoles a la vez una estructura porosa al mismo (Mujica y Ortiz, 2006).

En la tabla 2.6 se presentan algunos valores de presión de referencia para la expansión de diferentes granos empleando la máquina tipo "cañón", aquí se muestra la presión requerida para apagar el soplete y la presión para liberar el producto. Estos valores son utilizados en Lima, la cual se encuentra a nivel del mar y por lo tanto al abrir la tapa del equipo para liberar el producto la presión baja drásticamente del valor indicado para cada producto a la presión atmosférica a nivel del mar que es de 14,69 psi.

En Ayacucho, la presión atmosférica es 547 mmHg, lo que equivale a 10,58 psi. Esto indica que la diferencia de presión entre Lima y Ayacucho es 4,11 psi siendo menor la presión en la ciudad de Ayacucho; por lo cual se puede tomar como referencia los valores que se encuentran en la tabla 2.6 siendo reducidas en el valor de la diferencia de presiones.

**Tabla 2.6: Valores de presión para la expansión de diferentes granos.**

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

**Fuente: Paggi (2003)**

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

### **2.3.3 Etapas del proceso de expansión por explosión para cereales**

La industria del cereal desde 1904 ha empleado la técnica del expandido por su alto contenido de almidón y baja humedad considerando el porcentaje de humedad en el rango de 10 a 15 % y presión de 200 a 300 psi (Wilson, 1965 citado por Sucari, 2003).

#### **a) Acondicionamiento del grano**

Es una etapa previa al procesamiento de los granos expandidos con el fin de acondicionar la humedad y facilitar el tratamiento adecuado para la expansión. El acondicionamiento consiste en ajustar su contenido de humedad bien sea por secado o por adición de agua (Sucari, 2003). Se realiza por periodos definidos de tiempo con el objeto de que la humedad este uniformemente repartida por toda la masa del grano, (Espinoza, 1986 citado por Sucari, 2003), reporta que el material



debe ser almacenado por 24 horas a temperatura ambiente para permitir el equilibrio de la humedad después de adicionar la cantidad de agua.

#### **b) Expansión por explosión**

El principio de la expansión radica en la vaporización explosiva del agua en el interior de un alimento resultando un producto poroso y voluminoso con un contenido de humedad baja (Espinoza, 1986 citado por Sucari, 2003).

#### **2.3.4 Equipo empleado - Cañón manual de disparo simple**

En el cañón manual de disparo simple los granos son introducidos por la boca de abertura del cañón y la tapa es cerrada y sellada mediante un sistema de agarradera y ajuste. Cuando el cañón empieza a girar se suministra calor por uno de los lados del cuerpo del equipo, esto hace que la humedad interna del grano se convierta en vapor. Cuando la presión interna de la cámara de expansión alcanza aproximadamente 200 psi en un tiempo de 8 a 10 minutos, la tapa es abierta y el repentino cambio de presión ocasiona la expansión del grano y su explosiva descarga a una cámara de recolección.

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

máquina es de 1 kg de producto por cada 8 min y la presión máxima de operación recomendada es de 220 psi (Paggi, 2003).



**Figura 2.2:** Cañón manual de disparo simple.

### **2.3.5 Efecto del proceso de expandidos sobre los alimentos**

Los procesos de hinchado y extrusión son llevados a elevadas temperaturas pero en un corto tiempo, lo cual minimiza la desnaturalización de las proteínas y de algunos nutrientes termolábiles (González, 1991), en contraposición en intervalos de temperatura de 80 a 100 °C propicia la reacción de Maillard, la desnaturalización y la inactivación de proteínas y enzimas más termorresistentes, mientras que rangos de 100 a 150 °C favorece la caramelización y la síntesis de enlaces isopeptídicos y de la lisinoalanina y a más de 150 °C se induce la ciclización, la racemización y otras reacciones que normalmente no se observan en la mayoría de los alimentos.

El tratamiento del calor aplicado a los cereales para desayuno, tienen al menos dos principales procesos unificantes, uno de ellos es la creación de la textura frágil, almidón gelatinizado hasta una humedad baja y el otro es el cambio de aroma, el cual resulta de la dextrinación de los almidones de los cereales y sus productos de degradación (Espinoza, 1986 citado por Sucari, 2003).

### **2.3.6 Estabilidad de los productos expandidos**

La estabilidad de los cereales expandidos está relacionada con factores sensoriales tales como: textura, apariencia y sabor. Por esta razón su durabilidad está condicionada por el material de empaque, el cual debe ser impermeable a la humedad, a los vapores de agua y a los olores extraños (Heiss, 1997).

Por lo general estos productos tienen vida útil superior a un año. Esto se debe a que el proceso de expansión se realiza con granos de baja humedad y el producto resultante contiene alrededor de 8 % de humedad, lo que es suficientemente bajo como para prevenir su deterioro. Además las altas temperaturas del proceso pasteurizan de forma muy efectiva el producto, aumentando así su vida en anaquel. Sin embargo, si el contenido de lípidos del grano expandido es relativamente elevado, entonces puede ocurrir una oxidación debido a las altas temperaturas del proceso, lo que ocasionaría un sabor a rancio en el producto final (Heiss, 1997).

La textura de un cereal expandido debe ser crujiente. Este atributo está dado por la sensación que se produce en la boca, la resistencia a la masticación y el sonido

producido. El análisis sensorial es por lo tanto uno de los métodos más comunes utilizados para evaluarlo.

El mayor inconveniente que presentan los productos expandidos, utilizados como cereal para el desayuno, es que se tornan esponjosos al entrar en contacto con la leche, perdiendo así la característica de crujiente. Una recomendación importante en este caso es utilizar granos de alto peso molecular para la elaboración del producto (con mayor porcentaje de amilopectina).

El incremento del peso molecular de la materia prima aumenta la temperatura de transición vítrea (Glass Transition Temperature – Tg). La Tg es la temperatura (a un contenido de humedad determinado) en la cual la consistencia del material cambia de dura a gomosa. Proceso similar ocurre cuando el cereal absorbe agua, pasando de una consistencia crocante a una consistencia esponjosa. Así al utilizar granos de alto peso molecular en el proceso, se necesitará un mayor contenido de humedad para que ocurra la transición, por lo tanto el producto se mantendrá crocante por un mayor período de tiempo (Pedrero, 1996).

## **2.4 Expandido de quinua – Requisitos**

Los expandidos de quinua deberán provenir de granos de la quinua procesada (beneficiada) limpios, sanos, libres de cualquier otra materia extraña.

### **2.4.1 Requisitos químico proximal**

Los expandidos de granos de quinua deben cumplir los requisitos físico químico que se especifican en la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7: Requisitos físico químicos de expandidos de quinua.**

Requisitos	Unidad	Valores		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Humedad	%		8,5	AOAC 945.15
Proteína	%	4,5		ISO 1871, AOAC 992.23
Cenizas	%		1,2	ISO 2171, AOAC 923.03
Grasas	%		2,5	AOAC 945.38

**Fuente: NTP 011.459 (2016)**

### 2.4.2 Requisitos sensoriales

La Norma técnica peruana 011.459 (2016) establece que los expandidos de quinua deberán ajustarse a los siguientes requisitos:

- **Apariencia:** granos esféricos livianos.
- **Color:** característico según la variedad o ecotipo.
- **Aroma:** propio de los expandidos de los granos de quinua.
- **Sabor:** característico de expandidos y deberá estar exenta de sabores extraños.
- **Consistencia:** expandido homogéneo sin aglomeraciones de ninguna clase.
- **Textura:** granos de quinua expandida crocantes y porosos.

## 2.5 Variables en estudio

### 2.5.1 Humedad del grano

Contenidos bajos de agua en el material alimentado resultan en alta viscosidad, lo cual causa un mejor rendimiento, sin embargo, en la expansión de almidones o materiales amiláceos, la gelatinización ocurre más fácilmente a altos contenidos de humedad. Además, con menos contenido de humedad, se reduce el grado de expansión obteniéndose productos de menor volumen y mayor densidad (Zhang y Hosney, 1998).

En el proceso de expansión de alimentos, el almidón es el componente que juega el papel más importante, ya que los cambios que sufre el almidón afectan la expansión y textura final del producto expandido (Lai y Kokini, 1991). De las distintas variables que afectan a la expansión, la humedad es la más significativa (González *et al.*, 2002).

Acosta (2004) en su investigación “efecto de variación de la humedad y presión en cubitos de manzana en un cañón expansor” da a conocer que los cubitos de manzana expandida a partir de cubitos con 30 % de humedad y con 30 psig de presión de operación del expansor después del secado final permite obtener un producto bueno con una humedad no mayor del 5 %, azúcares reductores de 5,28 mg de glucosa/g de muestra y un coeficiente de rehidratación de 4,52 g de agua absorbida/g de sólidos secos.

Concluye que los tratamientos elegidos a 30 % de humedad y 30 psig de presión se obtiene una humedad promedio de 21,24 %, un índice de expansión promedio de 171,69 % y un grado de aceptabilidad general promedio de 6,0 puntos (me gusta ligeramente) según escala hedónica de 9,0 puntos los cuales estuvieron validados por el análisis estadístico, esto indicaría a las condiciones de presión que se operó, no alteró la estructura del material alimenticio por fusión de azúcares o degradación de compuestos estructurales.

### **2.5.2 Presión manométrica**

Permite que por efecto del calentamiento, la humedad residual del producto, alcance una temperatura por encima de su punto de ebullición atmosférico. Lo cual es, indispensable, para que se lleve a cabo el proceso de expansión. La

presión, en combinación con la humedad del grano posee incidencia directa sobre la estructura final del producto (Sullivan *et al.*, 1995). Obteniéndose productos con una expansión aceptable manteniendo su estructura origen en cuanto a tamaño y forma; y en otros casos granos sobre expandidos que no mantienen la forma inicial.

Cuando se aplica presión en el equipo de expansión durante el proceso de cocción, hace que el agua contenida en el grano de maíz ejerza una presión interna en el grano, y al momento de la descarga, esta hace que el agua escape bruscamente, produciendo la expansión del grano, y esta expansión será mayor a mayor presión, resultando por ende un mayor volumen de grano, y así una menor densidad.

Tacora *et al.* (2010), El trabajo de investigación “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)” afirma que en el proceso de expansión por explosión a diferentes presiones (120, 140 y 160 psig) en las variedades ILLPAINIA 406 y Cupi produce un efecto positivo en las características funcionales y fisicoquímicas de la cañihua a medida del incremento de las presiones. El proceso de tostado a diferentes temperaturas (130, 160 y 190 °C) incrementa las propiedades funcionales conforme aumenta la temperatura pero las mejores condiciones fisicoquímicas se presentan a una presión de 160 °C en ambas variedades.

El proceso de expandido por explosión proporciona mejores propiedades funcionales, pero provee características fisicoquímicas similares al tostado, encontrándose además que el índice de expansión aumenta en un 30 % en

promedio, con el incremento de la presión de operación para una humedad comercial de 13 %.

Paggi (2003) realizó estudios de expandidos con tres diferentes tipos de cereales, arroz, maíz y quinua, quien concluye que la expansión de cereales, produce un incremento en el valor nutricional, esto se debe a que durante el proceso de expansión ocurre por un lado, pérdida de humedad (aproximadamente 10 % del peso de la muestra), y por otro lado, desprendimiento de gran parte del pericarpio del grano.

También menciona que la presión de liberación del producto debe ser de 140 psig para el arroz; 160 psig para el maíz; 170 psig para el trigo; y, 180 psig para la quinua. A presiones menores que las indicadas, la cantidad de granos sin expandir o con subexpansión aumenta. Mientras que al incrementar esta presión aumenta el número de granos sobre expandidos y de granos con coloración café, indicativo de un intenso tostado. Además de ello recalca que con el incremento de la presión, aumenta el grado de expansión, por ejemplo a presiones mayores a 140 psi, el volumen se triplica, esto hace que la densidad disminuye.

Castro (1987), en el trabajo de investigación "Procesamiento de la kiwicha (*Amaranthus caudatus*) por el método de Expansión por explosión", da a conocer los valores óptimos de los dos parámetros más importantes en la obtención de kiwicha expandida, la presión y humedad, estos valores son presión de 180 psi y humedad del grano 13 %. Los resultados de la caracterización del producto final obtenido de acuerdo a los valores óptimos de los parámetros fueron: rendimiento 49,50 %; densidad 0,140 g/cm<sup>3</sup> y humedad final de producto expandido 5,1 %.



**Tabla 2.8: Influencia de la presión y humedad de la materia prima en el rendimiento, densidad y humedad final de la kiwicha expandida.**

Parámetros	Humedad	Presión (psi)		
		140	160	180
<b>Rendimiento (%)</b>	11	45,40	48,13	51,43
	13	40,33	46,37	49,50
	15	34,67	37,43	46,17
<b>Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	11	0,203	0,194	0,156
	13	0,169	0,152	0,140
	15	0,116	0,118	0,119
<b>Humedad final (%)</b>	11	5,23	4,17	4,03
	13	6,17	5,46	5,20
	15	7,13	6,80	6,10

**Fuente: Castro (1987), Procesamiento de la kiwicha expandida, UNALM**

Sucari (2003), En el trabajo de investigación "Determinación de humedad y presión en el proceso de expansión por explosión para dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)", da a conocer los parámetros en el proceso de expansión por explosión utilizando un cañón de expansión con capacidad de 500 g. para la variedad Ramis son 15 % de humedad y 200 pside presión, 16 % de humedad y 190 psi de presión para Cupi, en cuanto al índice de expansión la variedad Ramis, encontró un nivel optimizado de 6,09; a humedad de 15,09 % y presión de 214,42 psi y 78,8 % de rendimiento de humedad de 15,5 % y presión de 205 psila variedad Cupi alcanzo un índice de expansión 6,48 a humedad de 15,87 % y presión de 185 psi y 83,87 % de rendimiento de humedad de 15,87 % y presión de 184,5 psi.

Espinoza (1986), en el trabajo de investigación "Procesamiento de maíz (*Zea mays*) por el método de Expansión por explosión", muestra los resultados de la caracterización del producto final, (tabla 2.9) trabajados a las presiones de 140, 160 y 180 psi y humedades de 10, 12 y 14 %, donde logró optimizar el proceso a la presión de 180 psi y humedad 12 %, Los resultados de la caracterización del producto expandido obtenido de acuerdo a los parámetros optimizados fueron: rendimiento índice de expansión 13,53; rendimiento 69,2 %; densidad 0,04 g/cm<sup>3</sup> y humedad final de producto expandido 6,8 %.

**Tabla 2.9: Influencia de la presión y humedad de la materia prima en el rendimiento, índice de expansión y humedad final del maíz expandida.**

Parámetros	Humedad	Presión (psi)		
		140	160	180
Índice de expansión	10	13,99	12,41	12,04
	12	14,74	13,91	13,53
	14	16,29	14,48	14,14
Rendimiento (%)	10	77,8	72,8	72,0
	12	73,8	71,8	69,2
	14	71,8	68,0	62,2
Humedad final (%)	10	6,9	5,8	5,6
	12	7,4	6,9	6,8
	14	8,4	8,0	7,8

Fuente: Espinoza (1986), Procesamiento del maíz expandida, UNALM

## 2.6 Análisis sensorial

El análisis sensorial es un examen de atributos organolépticos de un producto a través de los órganos de los sentidos (ISO - 6658). Según Hernández (2005),

viene a ser la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Para realizar el análisis sensorial se debe tener en cuenta el orden que se evalúa el producto, de la siguiente manera:

- El color, es la cualidad de la sensación provocada en la retina de un observador por ondas luminosas (Sancho, 2002). se verifica por medio del sentido de la vista el cual percibe las propiedades externas radicadas en la apariencia que presenta el alimento; por lo general el color, apariencia, la forma, tamaño o brillo que presenta el alimento influirá en los sabores verdaderos o no del producto (Hernández, 2005).
- El olor, percibido por el olfato. Es el olor que tiene que ver con el que se produce por los alimentos por las sustancias que se esparcen en el aire y el aroma se refiere al factor provocado después de haberlo introducido en la boca (Hernández, 2005).
- La textura, es la propiedad detectada en la piel y lengua; así como también otros aspectos como: tamaño, forma, viscosidad/fluidez, grumocidad, gomosidad, cremocidad, entre otros. Se identifica cuando el alimento sufre una deformación; por tanto, se puede identificar si el alimento es duro o blando, crujido que con ayuda del sentido auditivo puede ser identificado de una mejor manera (Hernández, 2005). La textura, al ser medida o evaluada sensorialmente, debe ser considerada en tres etapas: etapa inicial, que

comprende la percepción en el primer mordisco; etapa intermedia, que es la sensación que se percibe durante la masticación y etapa final, percepción de los cambios producidos por la masticación y la sensación residual que deja el producto (Luzuriaga, 2000).

- El sabor es una propiedad química, debido a que involucra la detección de estímulos disueltos en saliva por las papilas gustativas, localizadas en la superficie de la lengua, así como en la mucosa del paladar y el área de la garganta. El sabor identificado por el sentido del gusto hace referencia a los sabores que tiene el alimento y une a los dos anteriores aspectos; donde los sabores básicos son: ácido, dulce, salado y amargo. Sin embargo, existen otras sensaciones producto de la mezcla de sabores en los alimentos, por ejemplo: condimentados, picantes, astringente, entre otros (Luzuriaga, 2000).

### **2.6.1 Pruebas para evaluación sensorial**

La evaluación sensorial de alimentos, da respuesta a un bagaje de preguntas que sobre la calidad de un producto se puedan formular. Es así entonces que el análisis sensorial a través de cada una de las pruebas permite conceptuar sobre un producto alimenticio para así poder llegar a tomar decisiones. Las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos, se dividen en tres grupos:

- a) Pruebas discriminativas:** según Hernández (2005), las pruebas discriminativas consisten en comparar dos o más muestras de un producto alimenticio, en donde el panelista indica si se percibe la diferencia o no,

además se utilizan estas pruebas para describir la diferencia y para estimar su tamaño.

- Pruebas de diferenciación: son empleadas para diferenciar entre dos y cinco muestras al mismo tiempo.
- Pruebas de sensibilidad: las pruebas de sensibilidad se emplean para el entrenamiento de panelistas, en donde se determina la habilidad de cada uno de los panelistas para el reconocimiento y percepción de los cuatro sabores básicos.

**Tabla 2. 10: Pruebas de evaluación sensorial.**

<b>PRUEBAS SENSORIALES</b>	Discriminativas	Diferenciación	- Pares - Dúo – Trío - Triangular - Ordenación - Escalar de control	
		Sensibilidad	- Umbral de detección - Umbral de reconocimiento	
		Descriptivas	Escala de atributos	- Escala de categorías - Escala de estimación de la magnitud
			Análisis descriptivo	- Perfil de sabor - Perfil de textura
			Análisis cuantitativo	
	Afectivas	Preferencia	- Preferencia pareada - Preferencia ordenación	
		Satisfacción	- Escala hedónica verbal - Escala hedónica facial	
		Aceptación		

**Fuente: Hernández (2005)**

- b) **Pruebas descriptivas:** según Hernández (2005), permiten conocer las características del producto alimenticio y las exigencias del consumidor. A través de las pruebas descriptivas se realizan los cambios necesarios en las formulaciones hasta que el producto contenga los atributos para que el producto tenga mayor aceptación del consumidor.
- Escala de atributos: permiten evaluar los atributos de un producto alimenticio, se consigue describirlo, conocerlo y cuantificarlo, para posteriormente evaluar su aceptación por parte del consumidor.
  - Análisis descriptivo: se evalúan los cambios menores en cuanto sabor y textura para mejorar su formulación. Se debe describir cada atributo.
  - Análisis cuantitativo: se evalúan varios atributos sensoriales de un alimento como el sabor, la textura y la apariencia, esto indica que se combine dos tipos de pruebas: la escala de categorías y la prueba de perfiles.
- c) **Pruebas afectivas:** según Hernández (2005), son pruebas donde el panelista expresa el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto alimenticio, puede ser frente a otro. Se utilizan escalas de calificación de las muestras.
- Pruebas de preferencia: es empleado para definir el grado de aceptación y preferencia de un producto determinado por parte del consumidor. Para estas pruebas se requiere de un grupo bastante numeroso de panelistas.
  - Pruebas de satisfacción: como su nombre lo indica, evalúa el grado de satisfacción frente a un producto, se clasifica en prueba de escala hedónica verbal que va desde me gusta muchísimo hasta me disgusta muchísimo y

escala hedónica facial donde se emplean caritas que expresan la satisfacción obtenida.

Prueba de aceptación: evalúa el grado de aceptación así como también el grado de preferencia, la actitud del panelista o catador hacia un producto alimenticio, es decir se le pregunta al consumidor si estaría dispuesto a adquirirlo y por ende su gusto o disgusto frente al producto catado.

## **2.7 Método de las Superficie de Respuesta**

La Metodología de Superficies de Respuesta (RSM) es un conjunto de técnicas matemáticas utilizadas en el tratamiento de problemas en los que una respuesta de interés está influida por varios factores de carácter cuantitativo. El propósito inicial de estas técnicas es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta y, a continuación, determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos. El objetivo final es establecer los valores de los factores que optimizan el valor de la variable respuesta.

### **2.7.1 Diseño de segundo orden rotacional**

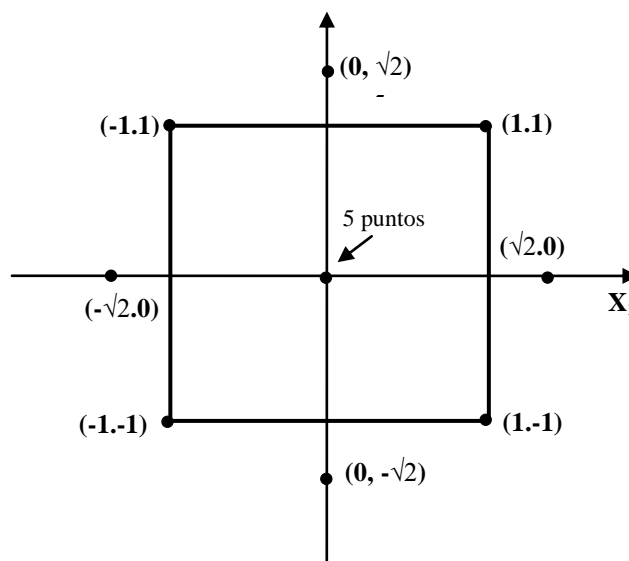
Para evaluar los diferentes diseños que pueden proponerse para ajustar una superficie de respuesta de segundo orden, es necesario algún criterio de lo que constituye un buen diseño. Lógicamente, una propiedad útil es que los cálculos no sean muy difíciles. En una consideración más extensiva, Box y Hunter (1957) propusieron el criterio de rotabilidad donde mostraron que un diseño rotacional con dos variables  $x$ , se obtiene haciendo pruebas a  $n_2$  puntos igualmente

espaciados alrededor de la circunferencia de un círculo en el plano  $x_1, x_2$  con centro  $(0,0)$  más una o más pruebas en el centro mismo.

Los puntos repetidos en el centro tienen dos propósitos. Dan  $(n_1 - 1)$  g.l. para estimar el error experimental y determinan la precisión de  $\hat{y}$  en el centro y cerca de él. Si hay muchas repeticiones del punto central, el error estándar de  $\hat{y}$  es bajo en el centro. Como por obligación Box y Hunter (1957) sugieren que el número de puntos centrales sea escogido de tal manera que el error estándar de  $\hat{y}$  sea aproximadamente el mismo en el centro que en todos los puntos del círculo con radio 1.

### 2.7.2 Diseño rotacionales centrales compuestos

Los diseños rotacionales más usados en la práctica pertenecen a una serie de diseños que también son diseños compuestos centrales. La figura 2.3 muestra el diseño en dos variables  $x$ , poniendo  $n_2 = 8$ ,  $n_1 = 5$ ,  $a = \sqrt{2}$ . El diseño puede subdividirse en tres partes:



**Figura 2.3:** Cañón manual de disparo simple.



- a) Los cuatro puntos  $(-1,-1)$ ,  $(1,-1)$ ,  $(-1,1)$ , y  $(1,1)$  constituyen a un factorial  $2^2$ .
- b) Los cuatro puntos  $(-\sqrt{2},0)$ ,  $(\sqrt{2},0)$ ,  $(0,-\sqrt{2})$ ,  $(0, \sqrt{2})$  son los puntos centrales adicionales incluidos para formar un diseño compuesto central con  $\alpha = \sqrt{2}$ .  
La figura formada por estos puntos se llama *estrella*.
- c) Se agregan cinco puntos al centro para dar una precisión igualmente aproximada para  $\hat{y}$  dentro de un círculo de radio 1. Box y Hunter (1957)

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de ejecución**

El desarrollo del trabajo de investigación se realizó en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en los laboratorios de Análisis de Alimentos de la Facultad de ingeniería Química y Metalurgia y en la Empresa Ingalperu. E.I.R.L. ubicado en la ciudad de Ayacucho, en los meses de Marzo – Abril del 2017 y Enero – Febrero del 2018.

#### **3.2 Materia prima, materiales y equipos**

##### **3.2.1 Materia prima**

La materia prima empleada en la investigación es quinua de las variedades roja Pasankalla y blanca Junín, ambas variedades corresponden a una quinua procesada (donde los granos han sido sometidos a operaciones de limpieza, escarificado, lavado, secado, despedrado y clasificación); se recolectó 20 kg aproximadamente de muestra de cada variedad, la quinua blanca fue adquirido de

la empresa Corporación Agroindustrial del Sur y la quinua roja de la empresa Corporación MA & JH de la ciudad de Ayacucho.



**Figura 3.1:** Muestras de quinua blanca Junín y roja Pasankalla.

### 3.2.2 Materiales

- Vaso de precipitado de 100 y 250 mL
- Probetas graduadas de 100 y 250 mL
- Pinzas
- Placas petri
- Papel de aluminio
- Recipientes cilindricos de 5 y 10 L
- Recipientes de acero inoxidable de 5 L
- Tamices #12 (1.7 mm ), #10 ( 2 mm), #8 (2.38)
- Bolsas plásticas de polietileno ziplock de medidas 5 x 8 y 10 x15
- Bolsas plásticas de polietileno n° 20 x 30
- Soplete a gas de cobre con entrada 2"

### **3.2.3 Equipos**

- Estufa electrónica marca Tomos – Modelo ODHG 9030B, SERIE 05101641.
- Balanza analítica electrónica, marca OHAUS, modelo AS200, serie 3526 USA con capacidad de 200 g.
- Balanza analítica de la marca Mettler Toledo – Modelo AB204-S, Capacidad 220 g. y sensibilidad de 0,1 mg.
- Balanza gramera digital de la marca Aosai – Modelo ATK – 668, Capacidad 6 kg y sensibilidad 1 g.
- Expansor: fabricado con hierro fundido y como único dispositivo un manómetro de capacidad 300 psi que va conectado al eje de giro, Capacidad máxima 2 kg.
- Compresor de aire marca Bosh – Modelo G2801 de 8 Bar, Capacidad de tanque 24 L, Potencia 2 HP.
- Selladora de bolsa de la marca Machintek – Modelo KF-200H de 20CMTS (Metálica)

## **3.3 Metodología experimental**

### **3.3.1 Acondicionamiento de materia prima**

Se analizó la humedad de la materia prima y el posterior acondicionamiento bajo los siguientes métodos:

1.- Determinación de humedad: por el método de A.O.A.C (1998) descrito por Huamani (2016) (Anexo 1.1)

2.- Prueba de humidificación de la quinua: por el método descrito según Castro (1986) empleando la técnica de los mínimos cuadrados. (Anexo 1.2)

### **3.3.2 Obtención de grano expandido de quinua**

Para la obtención del expandido de quinua, se llevaron a cabo las operaciones registradas en el diagrama de flujo (Fig. 3.1)

**1. Recepción;** se recepciona la quinua procesada y en seguida se determina la humedad del grano con la finalidad de saber la cantidad de agua requerida para la humidificación.

**2. Pesado;** de acuerdo a la capacidad de la máquina se trabajará con 1000 g. de quinua.

**3. Humidificado;** consiste en añadir agua, la cantidad necesaria de acuerdo a la humedad inicial del grano para alcanzar la humedad requerida; se coloca en un recipiente la quinua pesada, con ayuda de un aspersor se añade agua para una distribución homogénea, posteriormente se deja reposar permitiendo así su absorción.

**4. Pesado y alimentación;** al humidificar el grano el peso varía por lo que es necesario volver a pesar para tener la cantidad exacta que se carga a la

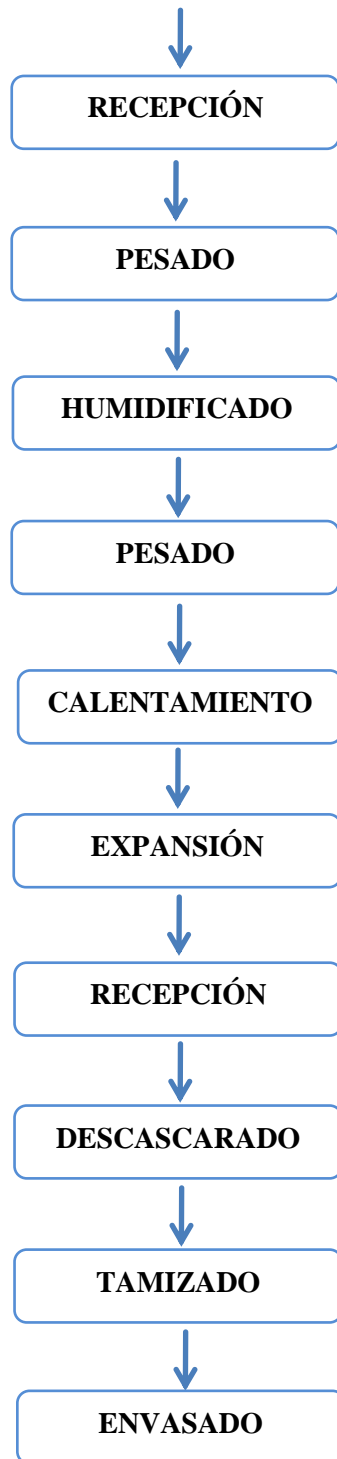
máquina. La cantidad de quinua introducida es de 1000 g. por corrida. La quinua pesada es introducida por la boca del expansor con ayuda de un embudo (de material acero inoxidable) esta operación se realiza quitando el seguro e inclinando el equipo hacia atrás, luego se procede a cerrar herméticamente la tapa del expansor.

**5. Calentamiento;** el calentamiento se realiza con ayuda del soplete, que una vez colocado a través de orificio del expansor se calienta generando presión de vapor en el interior, el calentamiento del grano se hace hasta que alcance la presión correcta que es entre 40-50 psi menos que la presión requerida para la evacuación. Es decir si la evacuación es a 200 psi, entonces el calentamiento del grano se hará hasta llegar a la presión de 150 psi posterior a ello se retira el soplete manteniendo la máquina en movimiento hasta alcanzar la presión de 200 psi.

**6. Expansión;** una vez alcanzado la presión requerida se abre rápidamente la tapa del expansor; ocasionando así que los granos salgan de manera explosiva donde se expanden por la volatilización súbita de la humedad interna y la caída de presión (de 200 psi a 10,48 psi que es la presión de Ayacucho) lo que ocasiona que los granos de quinua se hinchen.

**7. Recepción;** el producto expandido es recepcionado mediante una malla con la finalidad de evitar que el producto caiga al piso y se contamine por los microorganismos, impurezas y materias extrañas.

**QUINUA PROCESADA  
(Beneficiada)**



**Figura 3. 2: Diagrama de flujo del proceso productivo para la obtención de grano expandido de quinua.**

8. **Descascarado;** la quinua expandida en su mayoría mantiene su cáscara por lo que es necesario realizar la limpieza, para ello se realizará el descascarado, esta operación se realizará de forma manual por fricción facilitando así el desprendimiento de la cáscara.
9. **Tamizado;** una vez que se expandió el grano se lleva al tamiz para eliminar las cáscaras, granos expandidos quebrados, quemados o de menor tamaño y poder obtener granos expandidos de tamaño uniforme y seleccionado.
10. **Envasado;** el envasado se realiza en bolsas de plástico polietileno de alta densidad con boca ancha y luego se sella manualmente con una selladora para sus respectivas determinaciones y análisis.

### **3.3.3 Determinación del Índice de Expansión (IE).**

Se empleó la metodología mencionada por Tacora, (2010) donde se mide la relación de las unidades de volumen que ocupan los granos expandidos y el volumen que ocupan los granos sin expandir (Anexo 2)

### **3.3.4 Determinación del rendimiento másico del proceso.**

El rendimiento es la relación del producto obtenido y la materia prima, expresado en porcentaje. Fue realizada por el método empleado por Sullivan (1995) descrito por Osco (2013) (Anexo 3)

### **3.3.5 Determinación de humedad final (HF).**

La determinación de humedad se efectuó según lo descrito en el apartado 3.3.1



### **3.3.6 Análisis sensorial**

Se realizó un test/prueba para verificar el grado de aceptación/rechazo de un grupo de panelistas utilizando las escalas hedónicas de nueve puntos que informaron acerca del grado de aceptación, diferencia y desagrado del producto. Participaron 15 panelistas no entrenados con edades entre 15 y 50 años de género masculino y femenino; a quienes se les solicitó indicar cuanto les agradaba cada muestra, asignando un valor a cada atributo según la categoría reportada en la escala, que fue desde “me disgusta muchísimo” hasta “me gusta muchísimo”. En esta escala se les permitió asignar la misma categoría a más de una muestra. Este procedimiento fue realizado para ambas variedades de quinua empleadas en el estudio.

### **3.4 Diseño experimental**

Todos los ensayos se realizaron, siguiendo el protocolo de los procedimientos descritos anteriormente.

Para el presente estudio se empleó la metodología de Superficie de respuesta, con un diseño compuesto central rotatable con cinco puntos centrales ( $2^2 + 2*2 + 5$ ), utilizando el Software Statgraphics centurión XVI además se estudió los efectos de dos factores experimentales en tres variables respuesta, donde se definieron trece ejecuciones por variedad, con una muestra para ser tomada en cada ejecución, como se aprecia en la tabla 3.1 y 3.2.

Las variables en estudio estuvieron conformadas por lo siguiente:

Variables independientes:

Sus indicadores y niveles:

- a) Humedad de materia prima (%) (10 – 15%)
- b) Presión (psi) (200 – 250%)

Variables dependientes:

Sus indicadores y niveles:

- a) Índice de expansión
- b) Rendimiento másico (%)
- c) Humedad del expandido (%)

**Tabla 3. 1: Diseño experimental para la determinación del efecto de los parámetros en el proceso de expandidos de quinua roja y quinua blanca.**

Tratamiento	Humedad (%)	Presión (psi)	Índice de expansión (psi)		Rendimiento másico (%)		Humedad expandido (%)	
			quinua roja	quinua blanca	quinua roja	quinua blanca	quinua roja	quinua blanca
1	12,5	260						
2	15,0	250						
3	10,0	250						
4	16,0	225						
5	12,5	225						
6	12,5	225						
7	12,5	225						
8	12,5	225						
9	12,5	225						
10	9,0	225						
11	15,0	200						
12	10,0	200						
13	12,5	190						

### 3.5 Procesamiento y análisis de los datos

Los resultados obtenidos en la experimentación, se procesaron y evaluaron estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANVA) al 5 % de

significancia, se optimizaron las respuestas mediante un Análisis por Superficie de Respuesta utilizando el Software Statgraphics centurión XVI. Para el análisis sensorial se utilizó la prueba afectiva de aceptación con la escala hedónica verbal, empleando el cálculo estadístico de Friedman seguido de la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 5%.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Humidificación del grano**

La humidificación es una etapa previa al procesamiento de los granos expandidos, es realizado con el fin de acondicionar la humedad de los granos y facilitar el tratamiento adecuado para su expansión; esta operación consiste en la adición de agua mediante un expansor en un tambor giratorio en un periodo de tiempo de tres horas con el objeto de que la humedad esté uniformemente repartida por toda la masa del grano. En el proceso de expansión es necesario que el grano a expandir contenga la humedad necesaria (10-15 %) (Wilson, 1980), esta humedad facilitará el proceso de gelatinización del almidón y de este modo mejorará el grado de expansión.

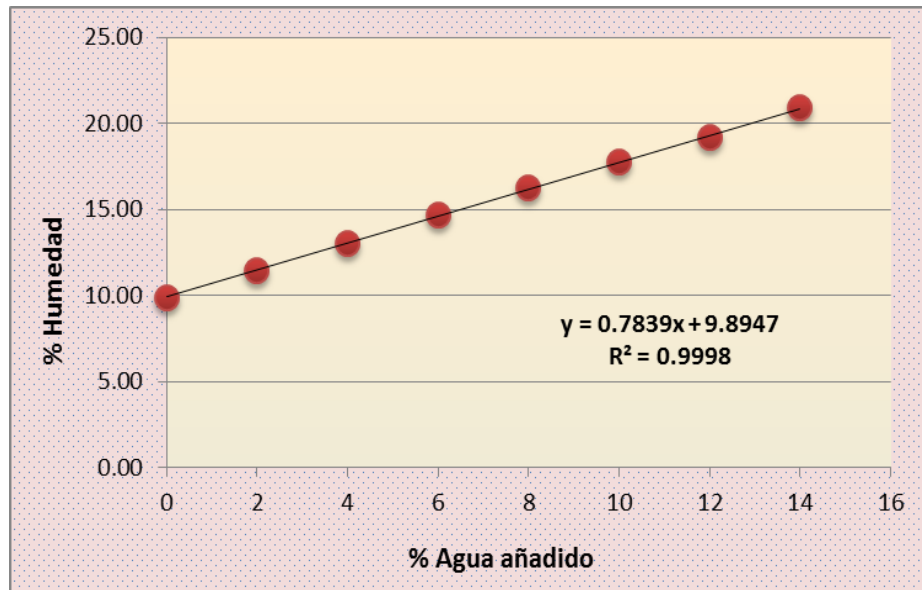
La humidificación se realizó para obtener granos de quinua con humedades de 10 %; 12,5 %; 15 % y 16 %, para ello se realizaron siete pruebas preliminares, en donde se mantuvieron constante las cantidades en gramos de la materia prima y el tiempo de absorción, variando la cantidad del agua (%), esto fue realizado para ambas variedades, roja Pasankalla y blanca Junín.

En la tabla 4.1 se observan los resultados del incremento de humedad tanto para la variedad roja Pasankalla y blanca Junín, como se puede apreciar, el porcentaje de humedad va incrementando de acuerdo al porcentaje de agua añadido. La humedad inicial de la quinua blanca (9,60 %), es menor al de la quinua roja (9,88 %); pero, la variación en el incremento de la humedad en ambas variedades, de acuerdo al porcentaje de agua añadido, es similar que va entre 1,5 – 1,7 %.

**Tabla 4.1: Valores de las humedades alcanzadas en la humidificación de la quinua roja Pasankalla y blanca Junín.**

<b>Agua añadido (%)</b>	0	2	4	6	8	10	12	14
<b>Humedad quinua roja (%)</b>	9,88	11,44	12,99	14,68	16,23	17,74	19,19	20,89
<b>Humedad quinua blanca (%)</b>	9,60	11,16	12,69	14,26	15,80	17,31	18,91	20,60

En la figura del “porcentaje de humedad obtenido “vs” el porcentaje de agua añadida” (Ver figura 4.1 y 4.2), se observa el comportamiento de esta progresión. Con los valores presentados, se realizó una regresión lineal, donde se obtuvo las constantes a y b de la ecuación matemática. Para cada variedad el procedimiento fue el mismo, se calculó el valor de las constantes y de acuerdo a la humedad requerida para el proceso, se determinó la cantidad de agua (mL) a añadir; se desarrolló un ejemplo con una humedad de 15 %, considerando la cantidad de carga de 1000 g de quinua desaponificada, por lo que resultó 65,13 mL para la quinua roja pasankalla y 69,49 mL para la quinua blanca Junín. En la tabla 4.2 se detalla la cantidad de agua añadida (mL), para cada humedad requerida de acuerdo al tratamiento a evaluar.



**Figura 4. 1:** Curva de absorción de agua – quinua roja Pasankalla.

- Ecuación matemática:  $y = a + b x$

$$y = 9,8947 + 0,7839x$$

y = porcentaje de humedad que se desea obtener

x = porcentaje de agua a añadir

- Despejando "x"

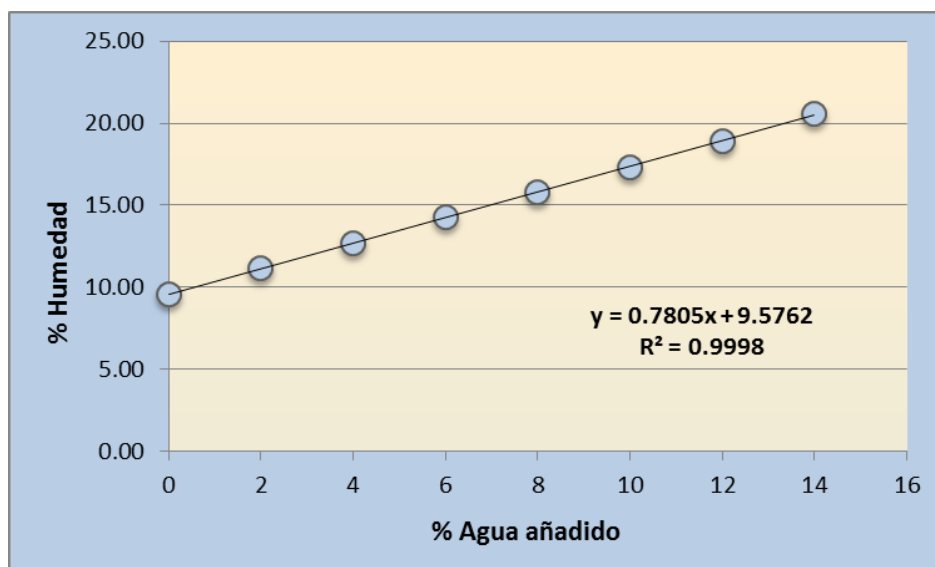
$$x = \frac{y - a}{b}$$

- Para una humedad de 15 %

$$x = \frac{15 - 9,8947}{0,7839}$$

$$x = 6,5127\%$$

Para 1000 g de quinua se añadirá 65,13 mL



**Figura 4. 2: Curva de absorción de agua – quinua blanca Junín.**

**Tabla 4. 2: Cantidades de agua en mL para obtener la humedad requerida.**

Humedad (%)	10	12,5	15	16
<b>Quinua roja</b>				
Agua añadido (mL/Kg.)	1,34	33,23	65,13	77,88
<b>Quinua blanca</b>				
Agua añadido (mL/kg.)	5,43	33,28	69,49	77,91

#### **4.2 Efecto de la humedad y presión en el índice de expansión**

El índice de expansión se refiere al incremento del volumen del grano, luego del proceso de expansión. En la tabla 4.3 se muestran los resultados sobre el índice de expansión, donde la quinua roja obtuvo un índice de 9,80 a una humedad de 15 % y presión 250 psi. En el caso de la quinua blanca se obtuvo un índice de 6,64; a una humedad de 15 % y presión 250 psi, estos valores representan el mayor índice para cada variedad, del mismo modo se tiene registrado el menor índice de

expansión; 2,08 en quinua roja y 1,94 en quinua blanca, ambos valores se obtuvieron a la humedad de 9 % y 225 psi.

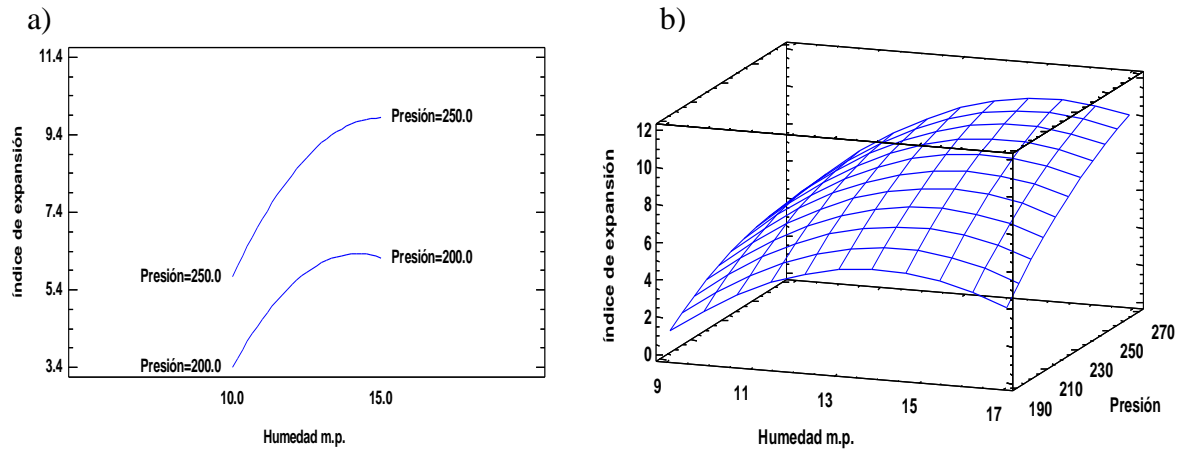
**Tabla 4. 3: Valores de índice de expansión por tratamiento en quinua roja Pasankalla y blanca Junín.**

Tratamiento	Humedad m.p. (%)	Presión (psi)	Índice de expansión	
			Quinua roja Pasankalla	Quinua Blanca Junín
1	12,5	260	8,73	6,29
2	15,0	250	9,80	6,64
3	10,0	250	6,60	4,43
4	16,0	225	8,19	6,17
5	12,5	225	7,64	5,11
6	12,5	225	7,61	5,09
7	12,5	225	7,65	5,07
8	12,5	225	7,69	5,14
9	12,5	225	7,63	5,10
10	9,0	225	2,08	1,94
11	15,0	200	6,31	4,78
12	10,0	200	4,39	2,42
13	12,5	190	4,41	3,57

Las representaciones gráficas se pueden apreciar en la figura 4.3, expandido de quinua roja Pasankalla, y en la figura 4.4 expandido de quinua blanca Junín; en dichas figuras se aprecia el comportamiento del índice de expansión frente a las variables de humedad del grano y presión generada en el expansor, observándose en el caso de la quinua roja a la presión de 200 psi, el índice de expansión se incrementa de 4,39 (10 % de humedad) hasta 6,31 (15 % de humedad), con el aumento de humedad del grano. Así mismo, las muestras obtenidas a 225 psi alcanzaron valores de 2,08; 7,64; 8,19 a las humedades de 9 %, 12,5 % y 16 % respectivamente. Con el incremento en la presión a 250 psi, alcanzaron valores de 6,60 y 9,80 para las humedades de 10 % y 15 %, respectivamente. Los resultados concuerdan con Badui (1995), donde manifiesta que el índice de expansión se



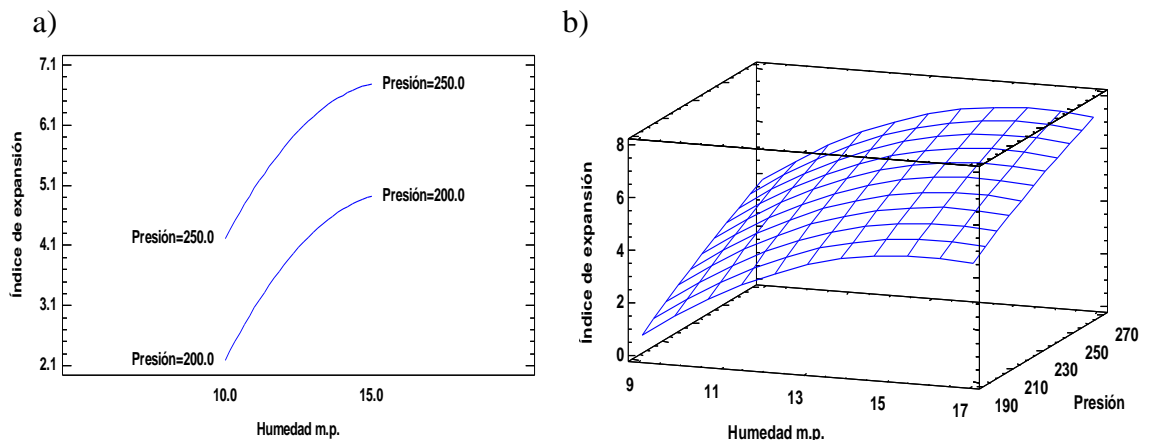
reduce a una humedad baja (10 %) y la partícula es limitada en su ensanchamiento, el volumen se va incrementando con el aumento del contenido de humedad (15 %), llegando inclusive, a una desintegración (sobreexpansión) del producto expandido.



**Figura 4. 3: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en el índice de expansión de la quinua roja expandida. a) gráfica de interacción, b) gráfica de superficie de respuesta estimada.**

Del mismo modo, sucede con la quinua blanca expandida, donde el comportamiento similar a diferencia que el índice de expansión es menor, en todos los tratamientos, frente al de quinua roja. El contenido de almidón en los granos influye en el proceso de expansión por explosión, originando un aumento progresivo del volumen del grano de 8 a 16 veces con relación al trigo, unas 6 a 8 veces con relación al arroz y unas 10 veces del maíz amarillo (Chávez 1990). De acuerdo a esta mención se puede deducir que la diferencia existente en los valores de índice de expansión entre variedades se debe al contenido de almidón. Otra de las razones es el porcentaje de absorción de agua del almidón (Ver tabla 2.6) donde la variedad quinua blanca Junín presenta un porcentaje de absorción de

4,82 %, superior al de la quinua roja Pasankalla que tiene 4,33 % (Arzapalo *et al.*, 2015).



**Figura 4. 4: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en el índice de expansión de la quinua blanca expandida. a) gráfica de interacción, b) gráfica de superficie de respuesta estimada.**

En general, se deduce que existe un comportamiento directamente proporcional entre las variables en estudio (humedad y presión) y el índice de expansión.

El fenómeno de expansión por vapor de agua se da debido a que las moléculas de agua penetran en el gránulo de almidón, y al elevar la temperatura se rompen los enlaces intermoleculares formando puentes de hidrógeno entre ellas, originando la expansión por la caída de presión, Sullivan (1995), manifiesta que el porcentaje de humedad y la presión son críticos en el proceso de expansión de productos.

El análisis de varianza fue realizado independientemente para cada variedad; en la evaluación del índice de expansión en la quinua roja pasankalla, se reporta que los factores: humedad y presión, influyen significativamente a un nivel de confianza del 95 %.

Del mismo modo en el caso del expandido de quinua blanca Junín, los factores, humedad del grano y presión, influyen altamente en el índice de expansión, puesto que, el valor-p es inferior a 0,05; hay diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos, para un nivel de confianza del 95 %.

González *et al.* (2002), menciona que, de las distintas variables que afectan a la expansión, la humedad viene a ser más significativa debido a que el contenido de agua en el grano favorece la gelatinización del almidón, donde el almidón es el componente que juega el papel más importante en el proceso de expansión, puesto que los cambios que sufre afectarán directamente la expansión y textura final del producto extrudido (Lai y Kokini, 1991).

La gelatinización del almidón ocurre rápidamente cuando se trabaja con granos de altos contenidos de humedad, ocurriendo uniformemente a niveles del 20 %; sin embargo, también se ha indicado que a bajos contenidos de agua se acentúa la gelatinización por la generación de calor que se tiene dentro del expansor, ocasionando la ruptura mecánica de los gránulos de almidón. Además, con menos contenido de humedad, se reduce el grado de expansión, obteniéndose productos de menor volumen y mayor densidad (Zhang y Hosney, 1998).

La presión tiene un efecto significativo en el volumen del expandido, a mayor presión de trabajo, mayor será la presión generada en el interior de grano, por lo tanto, mayor será la diferencia entre la presión en el expansor y la presión atmosférica; en Ayacucho la presión es 547 mmHg equivalente a 10,58 psi, y la presión que se genera en el expansor durante el proceso llega a 250 psi haciendo

una diferencia de 239,42 psi, esta caída de presión en el momento de la descarga es lo que ocasiona la expansión de los granos.

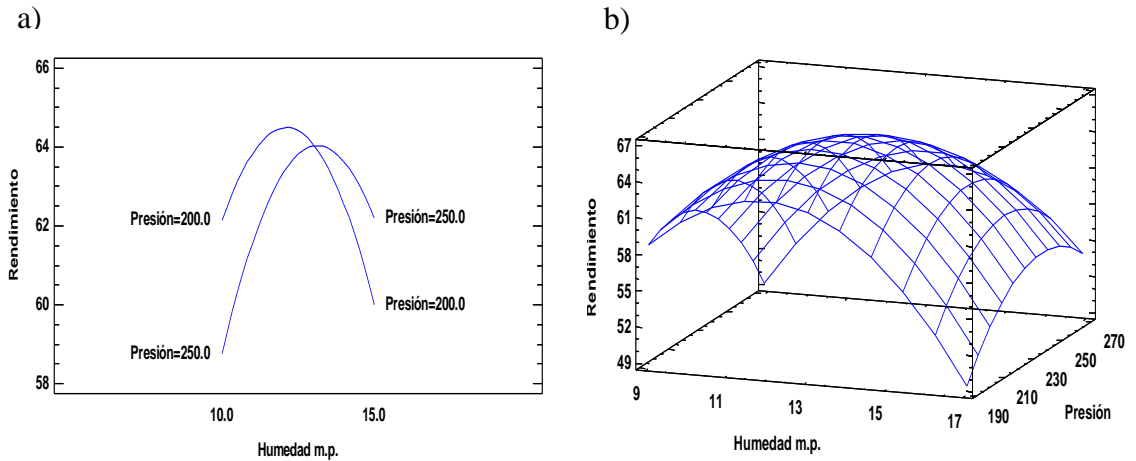
#### 4.3 Efecto de la humedad y presión en el rendimiento másico del proceso

En la tabla 4.4, se exponen los valores de rendimiento del proceso de expandido para los diferentes tratamientos, se registró un mayor rendimiento en quinua roja a 12,5 % de humedad y 225 psi con un valor promedio de 65,81 % y en quinua blanca a 12,5% de humedad y 190 psi, un rendimiento de 66,46 %, mientras que el tratamiento a 9 % de humedad y 225 psi registra el rendimiento más bajo 57,18 % y 56,49 % en quinua roja y blanca respectivamente.

**Tabla 4. 4: Valores de rendimiento de proceso por tratamiento en quinua roja Pasankalla y blanca Junín.**

Tratamiento	Humedad m.p. (%)	Presión (psi)	Rendimiento de proceso (%)	
			Quinua roja Pasankalla	Quinua Blanca Junín
1	12,5	260	62,03	65,70
2	15,0	250	62,17	58,36
3	10,0	250	59,48	56,89
4	16,0	225	59,14	57,64
5	12,5	225	65,90	63,88
6	12,5	225	65,59	63,62
7	12,5	225	65,85	63,34
8	12,5	225	65,73	64,34
9	12,5	225	65,98	63,54
10	9,0	225	57,18	56,49
11	15,0	200	61,43	57,78
12	10,0	200	64,28	63,64
13	12,5	190	60,80	66,46

En las siguientes figuras se observa el efecto individual de la humedad y la presión sobre el rendimiento del proceso para ambas variedades, el incremento de la humedad y la presión aumenta el rendimiento notoriamente.

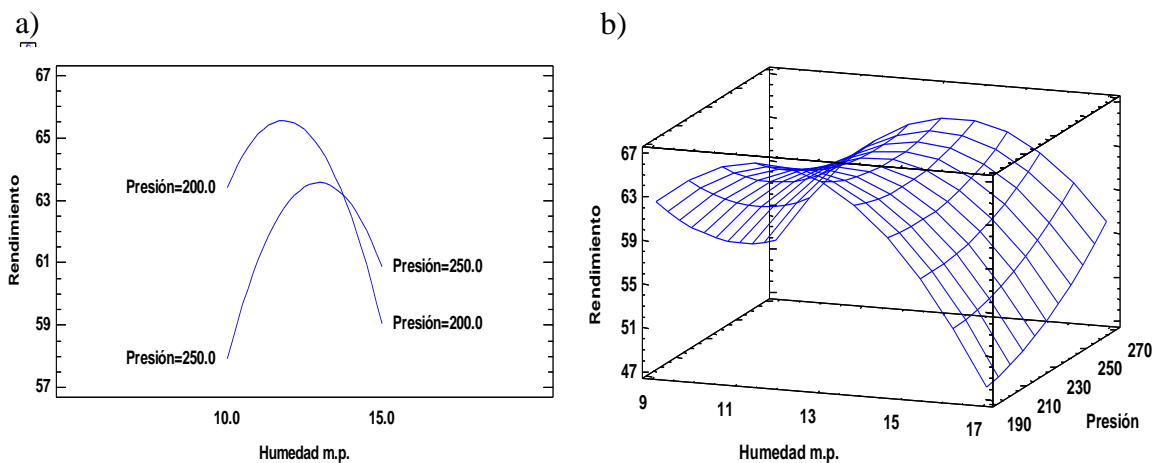


**Figura 4. 5: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en el rendimiento de la quinua roja expandida a) gráfica de interacción, b) gráfica de superficie de respuesta estimada.**

Se evaluó el efecto de superficie de las variables en estudio sobre el rendimiento del proceso (Véase en la figura 4.5 y 4.6), donde se puede explicar que al trabajar con una humedad baja y presión baja, como es el caso del tratamiento con 9 % de humedad y 225 psi de presión, se obtiene un menor rendimiento, aquí el grano no logra una gran expansión y no existe homogeneidad; es por ello que en el tamizado se genera mucha pérdida y el rendimiento es bajo 57,18 % en quinua roja; 56,49 % en quinua blanca. Al ir incrementando la humedad a 12,5 % se logra obtener granos más expandidos, manteniendo la forma inicial del grano y sobre todo homogéneos, lo que permite al momento de realizar el tamizado que las pérdidas no sean significativas obteniendo un mayor rendimiento de 65,81 % en quinua roja; 66,46 % en quinua blanca; cuanto más se incrementa la humedad el

rendimiento disminuye esto se debe al obtenerse granos sobreexpandidos, y en muchos casos quebrados, lo que ocasiona un incremento en la merma y por ende menor rendimiento. Podemos observar además en el gráfico de interacciones, que a una presión baja y humedad baja se obtuvo un mayor rendimiento másico que a una presión alta y humedad baja; una presión alta (250 psi) y humedad alta (15 %) se obtuvo mayor rendimiento que una humedad alta y presión baja.

Castro (1986); realizó la expansión de kiwicha, obteniendo un mayor rendimiento (51,43 %) a las presiones de 180 psi y humedad de 11 % (ver tabla 2.8), se observa que conforme se incrementa la humedad a 15 % el rendimiento disminuye a 46,17 %; en el caso de la presión sucede lo contrario a una menor presión como 140 psi, el rendimiento es menor 45,40 %.



**Figura 4. 6: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en el rendimiento de la quinua blanca expandida a) gráfica de interacción, b) gráfica de superficie de respuesta estimada.**

Espinoza (1986); en la expansión de maíz registra valores de rendimiento, donde a la humedad de 10 % y presión 140 psi se obtiene el más alto rendimiento de 77,8

%; al incrementar la humedad y la presión, el rendimiento disminuye como sucede a la humedad de 14 % y 180 psi, donde se un obtiene un rendimiento de 62,2 %.

En la tabla A.16, se reportan los resultados del análisis de varianza en la evaluación del rendimiento del expandido de quinua roja; la presión y la humedad del grano no tienen un efecto significativo ( $p>0,05$ ) en el rendimiento.

Del mismo modo, en el análisis de varianza de la quinua blanca (Tabla A.19), la humedad del grano y la presión no generan un efecto significativo ( $p>0,05$ ) en el rendimiento para un nivel de confianza de 95 %. Según la gráfica de interacción el mejor tratamiento se obtuvo a una presión y humedad baja para un mayor rendimiento.

#### 4.4 Efecto de la humedad y presión en la humedad del expandido

**Tabla 4. 5: Valores de humedad del expandido por tratamiento en quinua roja Pasankalla y blanca Junín.**

Tratamiento	Humedad m.p. (%)	Presión (psi)	Humedad final (%)	
			Quinua roja Pasankalla	Quinua Blanca Junín
1	12,5	260	7,09	5,10
2	15,0	250	7,58	5,55
3	10,0	250	5,04	4,53
4	16,0	225	7,02	6,32
5	12,5	225	7,16	4,93
6	12,5	225	7,16	5,79
7	12,5	225	7,15	5,77
8	12,5	225	7,18	5,71
9	12,5	225	7,16	5,77
10	9,0	225	4,55	3,30
11	15,0	200	8,13	5,88
12	10,0	200	5,50	4,47
13	12,5	190	6,38	5,84

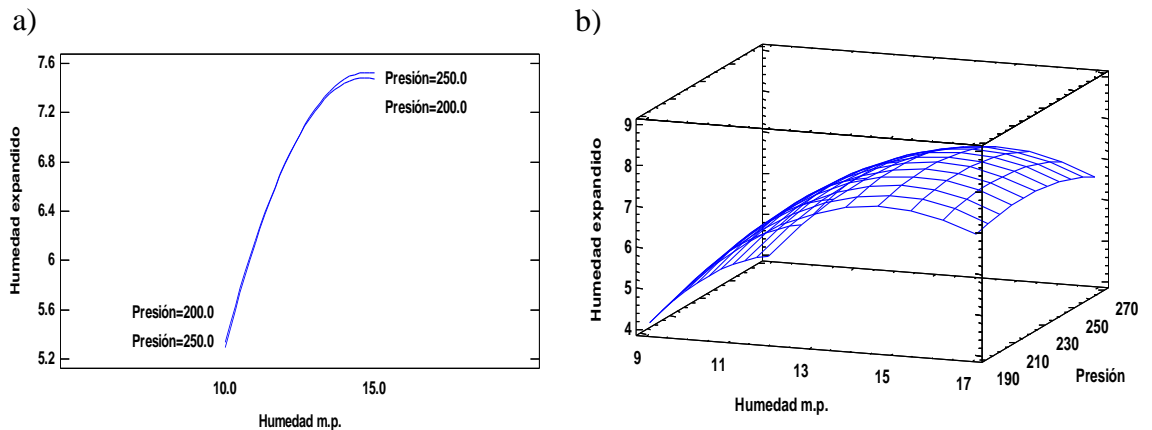
En la tabla 4.5, se muestra los resultados de la humedad final para los diferentes tratamientos; se aprecia que el expandido a presión de 225 psi y 9 % de humedad, en ambas variedades presenta el menor valor (5,55 % en roja y 3,30 % en blanca) así como el valor máximo es registrado a la humedad de 15 % y presión 200 psi para la quinua roja (8,13 %) y en quinua blanca (6,32 %) a la humedad de 16 % y presión de 225 psi; comparando variedades, se evidencia que el expandido de quinua blanca tuvo un menor porcentaje de humedad en todos sus tratamientos frente a la quinua roja.

El contenido de humedad en un producto es uno de los factores que interviene en su conservación (Astuhuaman, L. 2007), en ese sentido la NTP 011.459 establece los requisitos químico proximal para quinua expandida, donde define como límite máximo 8,5 % de humedad, según los resultados obtenidos en ambas variedades, todos los tratamiento estarían cumpliendo los estándares especificados por la norma.

En las siguientes figuras se aprecia el efecto individual de la humedad de grano y presión sobre la humedad final en el expandido de ambas variedades. El incremento en la humedad de grano está directamente relacionado con la humedad final, es decir, que a mayor humedad del grano, mayor será la humedad final en el expandido. Por otro lado, el incremento de presión no repercute en la humedad final; tal es el caso de la quinua roja, en donde a una humedad de grano de 10 %, el valor de humedad final es de 5,04 % con (P=250 psi) y 5,50 % con (P=200 psi), lo mismo sucede con los tratamientos a la humedad de 12,5 y 15 %., deduciendo que la presión de trabajo no tiene un efecto significativo en la humedad final.



Desde el punto de vista de la humedad del grano se observa que a un 9 % la humedad final es de 4,55 %, siendo el valor mínimo; mientras que al 15 % de humedad se obtiene un valor máximo de 8,13 %.

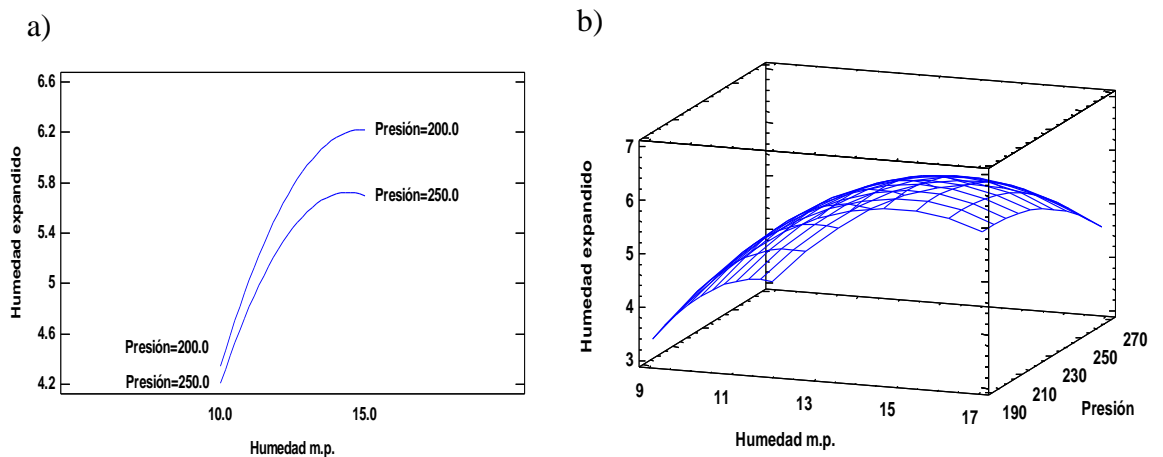


**Figura 4. 7: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en la humedad final de la quinua roja expandida, a) gráfica de interacción b) gráfica de superficie de respuesta estimada.**

En la figura 4.7, se observa el efecto de la humedad del grano y la presión de trabajo en la humedad del expandido de quinua blanca, del mismo modo que en la quinua roja; la humedad del grano tiene un efecto significativo con la humedad del expandido. Al incrementar la humedad del grano de 10 % a 15 %, la humedad del expandido aumenta de 4,47 % a 5,88 % con una presión de 200 psi, sucediendo de igual forma a la presión de 250 psi, la humedad del expandido asciende de 4,53 % a 5,55 % a una humedad de grano del 10 % y 15 %, respectivamente.

Tacora (2010), en su trabajo de investigación, describe que la humedad inicial sufre una disminución en las dos variedades de cañihua estudiadas de 8,26 % a 7,5 % en la variedad illpa; y, de 7,5 % a 4,29 %, en la variedad cupi, así mismo Paggi

(2003), también nos muestra una reducción significativa de la quinua en cuanto al contenido de humedad de 11,90 % a 2,25 %, esta reducción en el contenido de humedad en los cereales antes mencionados se debe a la liberación de agua del grano por efecto de la influencia del calor y la presión producidos durante el proceso de expansión, permitiendo primero el tostado y luego el inflado del grano.



**Figura 4. 8: Gráfica de efectos principales de las variables independientes en la humedad final de la quinua blanca expandida a) gráfico de interacción b) gráfica de superficie de respuesta estimada.**

Castro (1987), en la evaluación de la humedad final del expandido de kiwicha señala que la humedad del grano influye en la humedad final, al incrementar la humedad de grano de 11 a 15 %, la humedad final también se incrementa de 5,23 a 7,13 %. La presión por el contrario ocasiona que la humedad del expandido resulte un valor menor al trabajar con una presión elevada. (Ver tabla 2.8)

En la tabla A.16 y A.25 se puede observar que existe suficiente evidencia significativa para afirmar que la humedad del grano influye en la humedad final del expandido a un nivel de confianza del 95 %, lo cual no sucede con la presión ya que no resulta un factor de gran influencia ( $p > 0,05$ ), no existe diferencia

significativa entre la presión ejercida en los diferentes tratamientos y la humedad final, del mismo se aprecia con la interacción de las variables donde no hay diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) a un nivel de confianza del 95 %.

La diferencia de humedad del expandido entre los tratamientos, se debe también a la estructura del expandido, de acuerdo a la experimentación, se conoce que a mayor humedad en el grano, mayor será el grado de expansión, y un producto más expandido presenta mayor porosidad; la porosidad es la cantidad de espacios vacíos que dejan los granos entre sí, los cuales son ocupados por el aire; juega un papel importante en el secado y en los procesos de aireación de los granos, ya que de ella depende el movimiento y la resistencia que presenta el aire al atravesar una capa gruesa del grano (Lewis, 1993). Si la estructura del grano es muy porosa va a permitir que el grano expandido absorba mayor humedad del ambiente.

#### **4.5 Evaluación sensorial**

Se realizó una encuesta (Anexo 07) a quince panelistas para determinar el grado de aceptación entre las muestras obtenidas a diferentes tratamientos. Los resultados de la puntuación para los atributos color, sabor y apariencia se muestran en el anexo 08.

De acuerdo a los resultados de la prueba de Friedman se establece que para ambas variedades existe diferencia significativa entre los tratamientos para cada uno de los atributos evaluados. En el anexo 10 se presentan los resultados del análisis de Duncan.

### **a) Quinua roja**

El producto obtenido a la presión de 225 psi y 16% de humedad obtuvo una mejor aceptación en cuanto a color y apariencia superando significativamente a los demás tratamientos, este producto presenta una coloración crema uniforme, color característico de los productos expandidos. En el caso del sabor, los panelistas valoraron más el tratamiento a 10% de humedad y 200 psi.

El tratamiento con menor aceptación fue el de 9 % de humedad y 225 psi para los atributos: color, sabor y apariencia.

### **b) Quinua blanca**

En el expandido de quinua blanca, se aprecia gran aceptación de los panelistas al tratamiento desarrollado a 16% de humedad y 225 psi para los atributos color y sabor, mientras que en apariencia el tratamiento con mayor aceptación resulto a 15% de humedad y 200 psi., por el contrario se tiene al tratamiento con 9% de humedad y 225 psi, en el cual se evidencia un claro rechazo por la totalidad de los panelistas al no ser de agrado en ninguno de los atributos evaluados.

Finalmente podemos decir que el expandido de quinua roja presenta una mejor aceptación frente al expandido de quinua blanca en todos los atributos, así como de las características físicas evaluadas anteriormente, resultando ser una variedad con mejores resultados.

Cabe mencionar además que la humedad del grano, en combinación con la presión de trabajo posee incidencia directa sobre la estructura final del producto (Sullivan *et al.*, 1995). Al trabajar con una buena relación entre estos parámetros se obtendrán productos con una mejor expansión manteniendo su estructura de

origen en cuanto a tamaño y forma que es lo que se busca en este tipo de productos.

#### 4.6 Optimización múltiples respuestas

Se realizó una optimización de múltiples respuestas por cada variedad, teniendo los siguientes resultados presentados en la tabla 4.6, el expandido de quinua roja logró una optimización al trabajar con una humedad de grano de 13,5 % y una presión de trabajo de 240 psi obteniendo así un producto con una humedad de 7,21 %, un índice de expansión de 8,86 y un rendimiento de 65,14 %; en el caso del expandido de quinua blanca los factores de trabajo fueron a una humedad de grano de 13,2 % y presión de 260 psi, obteniendo un índice de expansión de 6,64, un rendimiento de 63,92 % y con una humedad de 5,54 %, como se aprecia el expandido de quinua roja presenta mayor valor en todos sus variables respuesta frente al expandido de quinua blanca.

**Tabla 4. 6: Optimización de múltiples respuestas en el proceso de expandido de quinua roja y blanca.**

		Expandido de quinua roja	Expandido de quinua blanca
Factor	Humedad de m.p. (%)	13,5	13,2
	Presión (psi)	240	260
Respuesta	Índice de expansión	8,86	6,64
	Rendimiento (%)	65,14	63,92
	Humedad (%)	7,21	5,54

#### **4.7 Composición proximal del expandido de quinua roja y expandido de quinua blanca.**

La composición proximal de la quinua expandida en las variedades roja Pasankalla y blanca Junín se muestra en la tabla 4.14. donde se puede apreciar haciendo una comparación con los resultados de la composición proximal en granos (tabla 2.3) que la quinua al expandirse redujo su humedad, debido a la liberación de agua del grano por efecto de la influencia del calor y presión, existió una disminución de las grasas esto puede deberse a la volatilización de algunos ácidos grasos debido a la alta temperatura, los valores de ceniza se vieron afectados mínimamente en ambas variedades, con respecto a la proteína las dos variedades disminuyeron su contenido inicial debido a que la presión a la cual se trabajó favoreció que el alimento se mantenga más tiempo en el expansor logrando así que la superficie del grano se queme en mayor grado, trayendo como consecuencia la pérdida del embrión de la quinua en el cual se concentra gran cantidad de proteínas (Tapia, 2000 citado por Sucari, 2003), en cuanto al contenido de fibra de ambas variedades se aprecia una ligera disminución de acuerdo al incremento en la presión, esto se explica porque el alto contenido de fibra en la quinua se encuentra en la capa externa que envuelve el grano y que han sido eliminados por completo (Repo-Carrasco, 1992), la determinación de carbohidratos presentes en la quinua expandida se hizo por diferencia y por lo tanto la disminución de la mayor parte de los componentes proximales de la quinua expandida hace que el porcentaje de carbohidratos aumente existiendo una similitud en ambas variedades.

Comparando las dos variedades en estudio, se aprecia que la variedad blanca Junín presenta mayor porcentaje de proteína, lípidos, fibra y cenizas frente a la

variedad roja Pasankalla mostrando así que la variedad influye en la composición y comportamiento frente a distintos procesos.

El contenido de humedad y proteínas cumplen con los parámetros establecidos por la norma NTP 011.459 donde se establece como límite máximo 8.5 % de humedad y 4.5 % mínimo en proteínas; sucediendo lo contrario con los demás componentes encontrándose fuera de los límites en cenizas y grasas.

**Tabla 4. 7: Composición proximal de expandido de quinua roja y blanca.**

	Quinua roja expandida	Quinua blanca expandida
Humedad (%)	7,21	5,54
Proteína (%)	9,2	10,8
Grasas (%)	4,11	4,86
Fibra (%)	3,26	3,98
Cenizas (%)	3,08	3,12
Carbohidratos (%)	73,14	71,70
Energía (Kcal/100g.)	366	374

## CONCLUSIONES

1. Se determinó el efecto de las variables de proceso del expandido de la quinua de manera eficiente, observando cómo estos parámetros influyen de manera significativa en los resultados de índice de expansión y humedad final; y a su vez mostrando que no influye en gran medida con el rendimiento másico del proceso.
2. El proceso de expansión a diferentes presiones y humedades, tiene un efecto positivo en el índice de expansión, incrementando en nueve veces su tamaño inicial en la quinua roja Pasankalla con un tratamiento de 13,5% de humedad y 240 psi y seis veces en la quinua blanca Junín, obtenidos con el tratamiento a 13,2 % de humedad y 260 psi.
3. Las variables de proceso, humedad y presión no causa efecto significativo en el rendimiento másico, se tiene como resultado promedio 65,14% en quinua roja Pasankalla y 63,92% en quinua blanca Junín.
4. La humedad del expandido se ve afectado directamente por la humedad del grano, obteniendo en sus valores máximos 8,13 % en quinua roja Pasankalla y 6,32 en quinua blanca Junín; a mayor porcentaje de humedad del grano mayor es el porcentaje de humedad del expandido, la presión por el contrario no tiene un efecto de consideración.



5. En la evaluación sensorial realizada al expandido de quinua roja, se encontró que el producto presenta una mayor aceptación con los parámetros de 225 psi y 16 % de humedad para los atributos color y apariencia y con los parámetros de 200 psi y 10% de humedad para el atributo sabor. En el caso del expandido de quinua blanca los parámetros de 225 psi y 16 % de humedad presentaron mejor aceptación en los atributos color y sabor; y en el atributo apariencia con los parámetros de 200 psi y 15% de humedad. En general el expandido de quinua roja presenta mejor aceptación frente al expandido de quinua blanca.
  
6. La composición proximal del producto óptimo del expandido de quinua roja y blanca son: humedad (7,21 %; 5,54 %), proteína (9,2 %; 10,8 %), grasa (4,11 %; 4,86 %), fibra (3,26 %; 3,98 %), ceniza (3,08 %; 3,12 %), carbohidratos (73,14 %; 71,70 %), energía (366 kcal; 374 kcal).

## RECOMENDACIONES

1. La presente investigación considera únicamente dos parámetros en estudio (presión del expansor y humedad de grano), por lo que sería interesante evaluar otros factores como temperatura interna del expansor, revoluciones de rotación, el volumen de carga y/o tipo de calentamiento.
2. Se recomienda continuar este tipo de investigaciones con otras variedades de quinua u otras materias primas que contengan almidón, además de estudiar su composición nutricional.
3. Desarrollar una línea de expandidos de quinua incluyendo diferentes tipos de edulcorantes “jarabes” que permitan dar un valor agregado en el sabor, permitiendo así incrementar su consumo.
4. El análisis sensorial del expandido de quinua, presentado en esta investigación, se realizó al término de la etapa de tamizado; dependiendo de los objetivos a lograr, se recomienda realizar un análisis sensorial después de haber sido edulcorado, puesto que esta operación mejora las características de color, olor, sabor entre otras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. (2003). *Utilización de la tecnología de cocción-extrusión de bajo costo en el procesamiento de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima
- Ahamed, T., R. Singhal, P. Kulkarni, M. Pal. (1998). *A lesser-known grain, Chenopodium quinoa: review of the chemical composition of its edible parts*. Food and Nutrition Bulletin. Vol. 19. No.1. The United Nations University
- Alvarez, E. (2016). *Extracción y caracterización del almidón nativo de tres ecotipos de Arracacha (Arracacia xanthorrhiza Br.) y su aplicación en la industria Alimentaria*. (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
- Anzaldúa, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica* (1° edición). España: Acribia
- Astuhuaman, L. (2007). *Efecto de la cocción-extrusión en la fibra dietaria y en algunas propiedades funcionales de cuatro variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. (Tesis inédita de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima
- Aristizabal, J., Sánchez, T. (2007). *Guía Técnica para la producción y análisis de almidón de yuca*. (Boletín de servicios Agrícolas de la Fao). Roma: s.n.
- Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M., Espinoza, C. (2015). *Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (Chenopodium*

- quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca Junín. (Artículo científico). Universidad Nacional del Centro del Perú. Junín.
- Aykroyd, W.R., Dought, J. (1970). *El trigo en la alimentación humana* (1ª Edición). Italia: Italia.
- Badui, S. (1995). *Química de los alimentos* (3ª edición). Mexico: Alambra Mexicana S.A.
- Box, G. E. P., and Hunter, J. S. (1957). *Multifactor experimental designs Ann. Math Stat*
- Bruin, A. (1964). *Investigation of the food value of quinoa and cañihua seed.* Journal of Food Science.
- Castro, C. (1987). *Procesamiento de la kiwicha (Amaranthus caudatus) por el método de expansión por explosión* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Charley, H. (1988). *Preparación de alimentos* (1ª edición). México: Orientación S/A.
- Clark, J. (1986). *Texturización proceso en la industria alimentaria de cereales tecnología de los alimentos.* (2da. Edición). Lima: Aquarios Gráfica Editorial
- Cronquist, A. (1986). *Botánica básica.* Ed. Cecsa, México. 1986 Cutler, D.F. Applied plant anatomy. Longmans. Londres & New York. 1978.
- EPN, (1992). *Memorias del seminario taller sobre extrusión de alimentos* Escuela Politécnica Nacional – Instituto de Investigación Tecnológica para Área de Alimentos. Ecuador.

- Espinoza, Y. (1986). Procesamiento de maíz por el método de expansión por explosión (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- FAO, (2001). *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. Santiago
- Fenema, Owen. R. (1993). *Química de los alimentos* (Primera edición). España: España.
- Fennema. Owen. (2000). *Química de alimentos* (Segunda edición). Madison: Acribia, 2000. pag. 228,229,231
- Giusti, K. (1970). *El género Chenopodium en la Argentina I*. Número de cromosomas. Darwiniana. Vol 16.
- González, S.J. (1991). Elaboración a base de cereales expandidos. *Industrias alimenticias* 2(5), 19-23.
- González, J. (2003). *Formulación y evaluación nutricional de una mezcla instantánea a base de quinoa (Chenopodium quinoa Willd), frijol (Phaseolus vulgaris L.), cebada (Hordeum vulgare L.) y leche para consumo humano*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- González, R. J., Torres R. L., Greef, D. M. (2002) Extrusión-cocción de Cereales. *Dar continuidad da Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 36 (2): 104-115.
- Heiss, R. (1977). *Principio de envasado de los alimentos*, (1° Edición), España: Acribia.
- ISO 4121. (2003). *Norma International. Sensory analysis - Guidelines for the use of quantitative response scales*. (Second edition)

- Hernández, E. (2005). Evaluación sensorial – Guía didáctica. Curso tecnología de cereales y oleaginosas. Facultad de ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Nacional Abierta y Adistancia (UNAD), Bogotá Colombia
- ISO 6658. (2005). *Norma International. Sensory analysis - Methodology - General guidance*. (Second edition)
- Jacobsen, S. E., S. Sherwood. (2002). Cultivo de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros de quinua, chocho y amaranto. CIP y FAO Global IPM Facility. Ecuador:Abya Yala.
- Kent, J. (1987). *Tecnología de los cereales*. (1° edición). España: Acribia S.A.
- Lai, L., Kokini J (1991) Physicochemical and rheological of starch during extrusión (a review). *Biotechnology Progress* 7 (3), 251-266.
- Lehninger, A. L. (1988). *Principios De Bioquímica* (1° edición, 4ª Impresión) Brasil: Editora Sarvier.
- Lewis, M. J. (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. Zaragoza, España: Acribia,
- Llorente, José Ramón. (2008) *Quinoa: Un auténtico superalimento*. Discovery Salud. <http://www.dsalud.com/index.php?pagina=articulo&c=218>
- Luzuriaga, O., Luzuriaga, C. (2000). Guías de Laboratorio de Análisis de Alimentos, *Instituto Tecnológico Superior Ecuatoriano de Productividad*. Ecuador.
- Morrison, R., T. Boyd, R. N. (1984). *Química Orgánica* (5ª edición). USA.Editora: Addison – Wesley Iberoamericana.
- Mujica, A. (1992). *Granos y leguminosas andinas*. In: J. Hernandez, J. Bermejo y J. Leon (eds). *Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492*.

- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp 129-146.
- Mujica, A., A. Cahahua, R. Saravia. (2004). *Agronomía de la quinua*. In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathee. *Quinua: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*.
- Mujica, A., Ortiz R. (2006). *Quinua: un cultivo multipropósito para usos agroindustriales en los países andinos*. Lima, Perú.
- ISO 4121. (2003). *Norma Internacional. Sensory analysis - Guidelines for the use of quantitative response scales*. (Second edition)
- NTP 011.459 (2016). *Norma técnica Peruana de Granos andinos, Expandidos de quinua, requisitos*. Dirección de Normalización – INACAL. Lima, Perú
- Oscó, K. (2013). *Efecto de la variación de humedad, presión y cantidad de carga en la obtención del maíz amarillo duro (zea mays l.) expandido*. (Título inédito de pregrado). Universidad Nacional José María Arguedas. Andahuaylas, Perú.
- Paggi, V. (2003). *Adecuación de una maquina expansora de cereales tipo cañón para prácticas de laboratorio en la universidad tecnológica equinoccial. Estudio de caso: arroz (oryzasativa l.), maíz (zeamays l.), quinua (chenopodium quinoa willd) y trigo (triticum vulgare l.)*. (Tesis inédita de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador
- Pedrero, D. L., Pangborn, R. M. (1996). *Evaluación Sensorial de los Alimentos* (1ª edición). México: Editorial Alhambra Mexicana.
- Ramírez, Y. M., (2012). *Evaluación de las propiedades físicas y químicas en dos variedades de quinua expandida (Chenopodium quinoa Willd)*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

- Risi, J. (1991). *La Investigación de la quinua en Puno*. In: L. Arguelles y R. Estrada (eds) *Perspectivas de la investigación agropecuaria para el Altiplano*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Proyecto de Investigación en Sistemas Agropecuarios Andinos. Convenio ACIDI-CIID-INIAA. Lima, Perú. pp 209-258.
- Rojas, W. M., Pinto, J.L. y Soto, E. Alcocer. (2010). *Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos*. In: W. Rojas, M. Pinto, J.L. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Bioersivity International, Roma, Italia. pp 151- 164.
- Sancho, J., Bota, E., J. J de Castro. (2002). *Introducción al análisis de los alimentos*. Edición de la Universidad de Barcelona. España.
- Singh, S., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, S. y Gill, S. (2003) *Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources a review*. *Food Chemistry*, 81, 219–231
- Sucari, M. L. (2003). *Determinación de humedad y presión en el proceso de expansión por explosión para dos variedades de cañihua (Chenopodium palidicaule Aellen)*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Sullivan, J., Craig, J. y Konstance. (1995). *Continuous explosion puffing of apples* (1° Edition). Lima, Perú: Editorial Pearson Education.
- Tacora, R., Luna, G., Bravo, R., Mayta J., Choque M. y Ibañez, V. (2010). Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades



- de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Ciencia Agro. Journal de Ciencia y Tecnología agraria*, 2(1).
- Tapia, M. (1997). *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, Chile.
- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A., Ortiz, R., Otazu, V., Real, J., Salas, B y Zanabria, E. (1979). *La Quinoa y la Kañiwa. Cultivos Andinos*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Zona Andina. Lima, Perú.
- Wilson, H.D. (1980). *Artificial hybridization among species of Chenopodium section Chenopodium. Systematic Botany* 5: 253-263.
- Wood, S., L. Lawson, D. Fairbanks, L. Robison y W. Andersen. (1993). Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis. United Nations University*. 6(1) p. 41-44
- Zhang W y Hosney RC (1998) Factors affecting expansion of corn meal with poor and good expansion properties. *Cereal Chemistry*, 75(5), 639-643

# ANEXOS

## Anexo 01: Acondicionamiento de materia prima

### 1.1 Determinación de humedad: método de A.O.A.C. (1998) descrita por Huamani (2016)

- Pesar las placas petri o papel de aluminio limpias y secas (P1).
- Pesar exactamente entre 2 g de muestra en placas Petri. Anotar el peso de la muestra + placas Petri (P2).
- Llevar a la estufa a 105°C por 2 horas (muestras molidas secas) y 24 h (muestras frescas).
- Sacar las placas con las muestras secas y colocarlas en el secador para que se enfríe.
- Pesar y anotar el peso final (P3)

#### Cálculos:

##### Humedad en base húmeda

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_2 - P_3)}{(P_2 - P_1)} \times 100$$

##### Humedad en base seca

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_2 - P_3)}{g. \text{ masa seca}} \times 100 \quad \left( \frac{g \text{ de agua}}{100 g. m. s} \right)$$



Fotografía 01: Determinación de humedad en quinua en grano.

**1.2 Prueba de humidificación de la quinua:** por el método descrito según Castro (1986) empleando la técnica de los mínimos cuadrados.

- Pesar 100 g. de muestra y adicionar agua un 2 % de la muestra (2 gramos).
- Dejar reposar por 3 horas en una bolsa plástica Ziplock.
- Una vez culminado el tiempo de absorción, determina el porcentaje de humedad.
- La operación se repite en las siguientes pruebas con la variación en el aumento del porcentaje de agua, en la siguiente prueba se añade un 4 % (4 gramos), y así sucesivamente hasta la adición de 14 % de agua.
- Para la determinación de la cantidad de agua absorbida por la muestra, se emplea la técnica de mínimos cuadrados obteniendo las constantes (a y b) de la ecuación matemática.

$$Y = bx + a$$

Y= porcentaje de humedad obtenido después de la absorción.

X= porcentaje de agua añadido

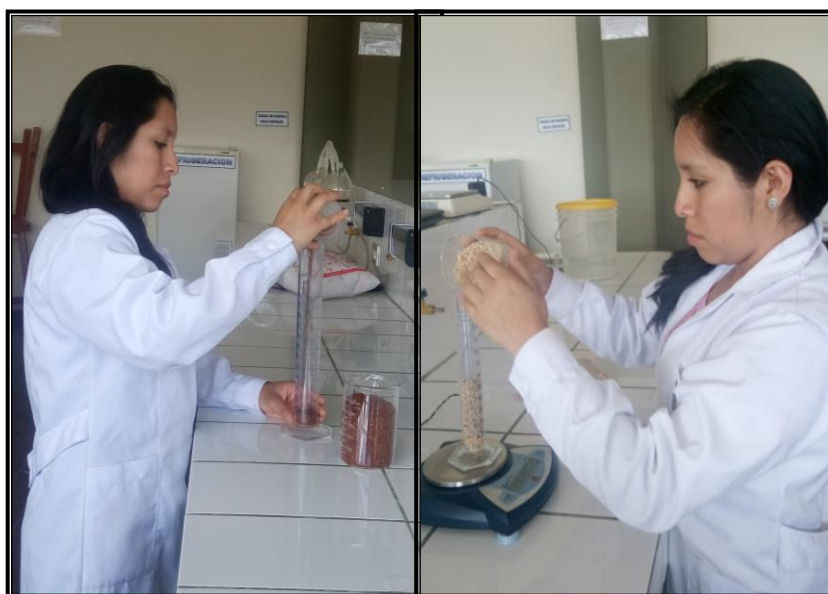
## **Anexo 2: Determinación del Índice de Expansión (IE).**

Se empleó la metodología mencionada por Tacora, (2010) donde se mide la relación de las unidades de volumen que ocupan los granos sin expandir y el volumen que ocupan los granos luego de ser expandidos, realizada de la siguiente manera:

- Se pesa 100 g de quinua escarificada y se deposita en un envase graduado, registrándose el volumen ocupado (volumen inicial).
- Se realiza la misma operación con la quinua expandida limpia y seleccionada, determinando el volumen que ocupa en el envase (Volumen final).

**Cálculos:**

$$I.E. = \frac{\text{Volumen final}}{\text{Volumen inicial}}$$



**Fotografía 02: Determinación del índice de expansión**

### **Anexo 3: Determinación del rendimiento del proceso**

El rendimiento es la relación del producto obtenido y la materia prima, expresado en porcentaje. Fue realizada por el método empleado por Sullivan (1995) descrito por Osco (2013).

- Se pesa el recipiente vacío (P1)
- Se añade al recipiente 1000 g. apx. de quinua sin expandir (P2)
- Luego se carga al equipo y se obtiene la quinua expandida; una vez enfriada se descascara y se pasa por el tamiz obteniendo el producto limpio y seleccionado.
- Se pesa la quinua expandida en el recipiente vacío. (P3)

#### **Cálculos**




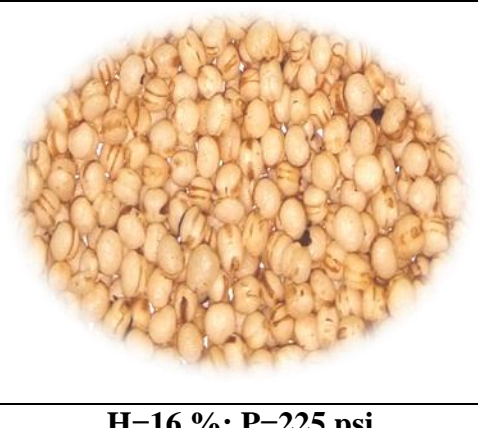

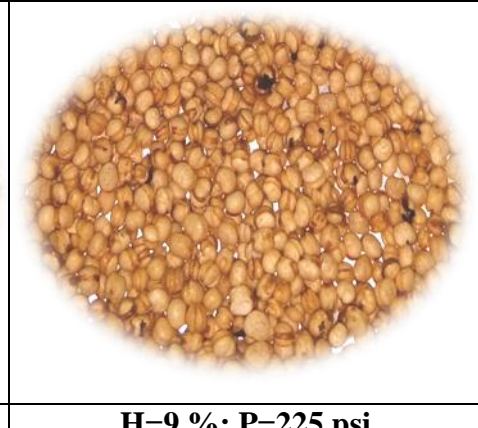
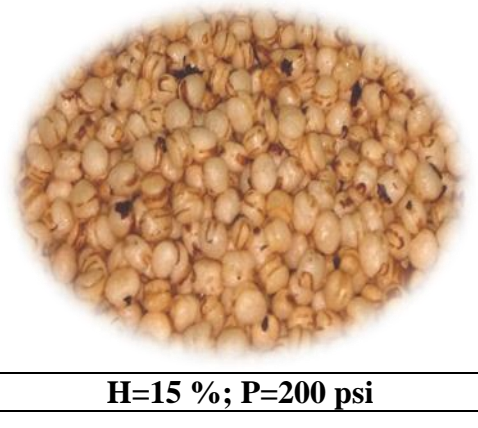
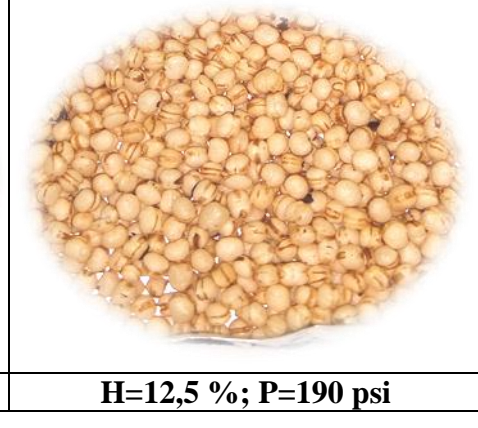
$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{(P2 - P1)g.}{(P3 - P1)g.} * 100$$

**Anexo 04: Equipo expensor experimental tipo Batch con tapa teflón**





**Anexo 05: Expandido de quinua roja Pasankalla a diferentes tratamientos**

		
<b>H=12,5 %; P=260 psi</b>	<b>H=15 %; P=250 psi</b>	<b>H=10 %; P=250 psi</b>
		
<b>H=16 %; P=225 psi</b>	<b>H=12,5 %; P=225 psi</b>	<b>H=9 %; P=225 psi</b>
		
<b>H=15 %; P=200 psi</b>	<b>H=10 %; P=200 psi</b>	<b>H=12,5 %; P=190 psi</b>



**Anexo 06: Expandido de quinua blanca Junín a diferentes tratamientos**

		
<b>H=12,5 %; P=260 psi</b>	<b>H=15 %; P=250 psi</b>	<b>H=10 %; P=250 psi</b>
		
<b>H=16 %; P=225 psi</b>	<b>H=12,5 %; P=225 psi</b>	<b>H=9 %; P=225 psi</b>
		
<b>H=15 %; P=200 psi</b>	<b>H=10 %; P=200 psi</b>	<b>H=12,5 %; P=190 psi</b>

## Anexo 07: Prueba de degustación

### PRUEBA DE DEGUSTACIÓN

FECHA: / /

EDAD:

Usted tiene trece muestras de quinua expandida, los cuales debe evaluar en cuanto a color, sabor y apariencia según la siguiente escala.

Escala	Puntuación
Me gusta muchísimo	4
Me gusta mucho	3
Me gusta	2
Me gusta ligeramente	1
ni me gusta ni me disgusta	0
Me disgusta ligeramente	-1
Me disgusta	-2
Me disgusta mucho	-3
Me disgusta muchísimo	-4

#### CUADRO DE EVALUACIÓN SENSORIAL

	Color	Sabor	Apariencia
T1			
T2			
T3			
T4			
T5			
T6			
T7			
T8			
T9			
T10			
T11			
T12			
T13			

¡GRACIAS!

**Anexo 08: Resultados de la prueba de degustación del expandido de quinua.**  
M= Muestra (1= 12,5 %, 260 psi; 2= 15 %, 250 psi; 3= 10 %, 250 psi; 4= 16 %, 225 psi; 5= 12,5 %, 225 psi; 6= 12,5 %, 225 psi; 7= 12,5 %, 225 psi; 8= 12,5 %, 225 psi; 9= 12,5 %, 225 psi; 10= 9 %, 225 psi; 11= 15 %, 200 psi; 12= 10 %, 200 psi; 13= 12,5 %, 190 psi).

A= Atributos (Color, sabor, apariencia)

**Tabla A.1: Puntuaciones de la evaluación sensorial – expandido de quinua roja.**

M	A	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15
1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	0	1	1	2	2	1
2	1	3	3	2	4	4	3	3	3	4	3	3	2	2	3	4
3	1	0	-1	1	0	-1	-2	-1	0	1	0	1	0	-2	-1	1
4	1	4	4	3	3	4	4	3	3	3	4	3	4	4	3	4
5	1	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2
6	1	3	3	2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	3	3
7	1	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	4	2
8	1	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2
9	1	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3
10	1	-1	-2	-1	-3	-2	-2	-1	-3	-1	-1	-2	-2	-3	-2	-1
11	1	1	-1	0	0	1	1	0	-1	0	1	1	0	1	0	2
12	1	1	0	-1	1	2	1	-1	1	2	1	2	2	1	2	1
13	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	0	1	1	1	1	2
1	2	3	2	1	3	2	1	1	2	3	2	2	2	2	1	3
2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	3	3	2	2	3	2	3
3	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2
4	2	3	2	3	2	2	2	2	3	3	3	2	1	3	3	2
5	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	3
6	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2	3	2	2	3	3	3
7	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2
8	2	2	3	2	3	1	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3
9	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2	2	3	2	2
10	2	-2	-1	-2	-3	1	-1	-1	-1	-2	-2	-1	0	-1	-2	-1
11	2	2	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
12	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3
13	2	3	3	3	1	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2
1	3	0	-1	0	-1	-2	-1	-1	-2	0	0	-1	-1	-1	-1	0
2	3	1	-1	1	-2	1	0	1	0	0	1	2	1	-2	1	0
3	3	0	-2	-1	1	-3	-1	0	0	-1	1	-1	0	1	0	-1
4	3	2	2	1	3	3	0	4	1	2	2	3	0	1	2	0
5	3	2	2	2	2	0	1	2	1	2	1	2	1	2	0	1
6	3	1	0	2	2	0	2	2	1	1	2	2	1	2	0	2
7	3	2	2	1	2	1	2	1	0	2	2	2	1	2	1	2
8	3	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1
9	3	2	2	1	1	0	1	2	2	3	2	1	1	1	0	1
10	3	-2	-3	-2	-4	-2	-4	-2	-3	-1	-4	-1	-3	-2	-3	-1
11	3	2	3	3	2	0	3	4	-1	3	2	-1	3	3	2	3
12	3	1	-3	-1	1	-1	-2	-3	-2	-1	1	1	-3	-1	1	0
13	3	-2	-2	-3	-2	1	2	-1	0	-3	-2	1	2	-2	-2	2

**Tabla A.2: Puntuaciones de la evaluación sensorial – expandido de quinua blanca.**

M	A	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15
1	1	-1	-2	-1	-2	-3	-2	-2	-3	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-1
2	1	2	2	2	-1	2	1	2	1	1	2	2	2	-1	2	1
3	1	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1
4	1	3	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	3	2	2	3
5	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
6	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2
7	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
8	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
9	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
10	1	-3	-4	-3	-4	-4	-4	-3	-4	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-3
11	1	2	2	0	2	3	3	4	1	3	2	2	0	2	3	3
12	1	-2	-3	-2	-3	-4	-3	-3	-4	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-2
13	1	11	-2	-2	-1	0	-2	3	-3	-2	1	-2	-2	-1	0	-2
1	2	-2	-1	-1	0	-2	-2	-1	-1	0	-1	-2	-1	-1	-1	0
2	2	2	2	-1	2	2	-1	2	1	2	-1	2	2	1	1	1
3	2	2	3	2	3	2	-1	2	1	2	3	2	2	1	2	1
4	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	1	2	3	2	2	2
5	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2
6	2	1	1	2	2	2	2	2	0	2	1	0	2	2	1	2
7	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	0	2	2	2	1
8	2	2	1	1	2	1	2	2	0	2	2	1	2	2	2	2
9	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	0	2	2	2	2
10	2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3	-4	-4	-4	-3	-4	-4	-4
11	2	2	1	2	0	1	2	2	3	1	3	3	2	1	-1	2
12	2	-3	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-2	-2	-2
13	2	3	2	2	1	1	0	1	2	0	2	2	1	1	1	1
1	3	0	-1	0	-1	-2	-1	-1	-2	0	0	-1	-1	-1	-1	0
2	3	1	-1	1	-2	1	0	1	0	0	1	2	1	-2	1	0
3	3	0	-2	-1	1	-3	-1	0	0	-1	1	-1	0	1	0	-1
4	3	2	2	1	3	3	0	4	1	2	2	3	0	1	2	0
5	3	2	2	2	2	0	1	2	1	2	1	2	1	2	0	1
6	3	1	0	2	2	0	2	2	1	1	2	2	1	2	0	2
7	3	2	2	1	2	1	2	1	0	2	2	2	1	2	1	2
8	3	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1
9	3	2	2	1	1	0	1	2	2	3	2	1	1	1	0	1
10	3	-2	-3	-2	-4	-2	-4	-2	-3	-1	-4	-1	-3	-2	-3	-1
11	3	2	3	3	2	0	3	4	-1	3	2	-1	3	3	2	3
12	3	1	-3	-1	1	-1	-2	-3	-2	-1	1	1	-3	-1	1	0
13	3	-2	-2	-3	-2	1	2	-1	0	-3	-2	1	2	-2	-2	2

**Anexo 09: Prueba de Friedman – atributos sensoriales.**

**Tabla A.3: Prueba de Friedman para el análisis de atributos del expandido de quinua en quinua roja Pasankalla y blanca Junín.**

	Quinua roja			Quinua blanca		
	Color	Sabor	Apariencia	Color	Sabor	Apariencia
N	15	15	15	15	15	15
Chi-cuadrado	153,63	65,72	109,51	151,42	120,64	109,51
Gl	12	12	12	12	12	12
Sig. Asintótica	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*

**Anexo 10: Resultados de la prueba de Duncan, análisis sensorial**

**Tabla A.4: Prueba Duncan –color en expandido de quinua roja.**

Tratamiento	N	Subconjunto					
		2	3	4	5	6	1
10	15	-1,80					
3	15		-0,27				
11	15			0,40			
12	15				1,00		
13	15				1,27		
1	15				1,33		
6	15					2,60	
5	15					2,67	
8	15					2,67	
9	15					2,73	
7	15					2,73	
2	15					3,07	3,07
4	15						3,53
Significación		1,000	1,000	1,000	0,214	0,107	0,065

**Tabla A.5: Prueba Duncan – sabor en expandido de quinua roja.**

Tratamiento	N		Subconjunto			
	1	2	3	4	1	
10	15	-1,27				
1	15		2,00			
3	15		2,07	2,07		
11	15		2,27	2,27		
7	15		2,33	2,33		
4	15		2,40	2,40	2,40	
8	15		2,40	2,40	2,40	
9	15		2,40	2,40	2,40	
13	15		2,40	2,40	2,40	
5	15		2,40	2,40	2,40	
6	15		2,47	2,47	2,47	
2	15			2,53	2,53	
12	15				2,87	
Significación		1,000	0,076	0,076	0,070	

**Tabla A.6: Prueba Duncan – apariencia en expandido de quinua roja.**

Tratamiento	N		Subconjunto						
	1	2	3	4	5	6	7	8	1
10	15	-1,80							
3	15		-,27						
11	15			1,07					
13	15			1,40	1,40				
12	15			1,60	1,60	1,60			
1	15				2,00	2,00	2,00		
9	15					2,20	2,20	2,20	
6	15					2,20	2,20	2,20	
7	15					2,20	2,20	2,20	
8	15						2,33	2,33	2,33
5	15						2,40	2,40	2,40
2	15							2,80	2,80
4	15								2,93
Significación		1,000	1,000	0,089	0,055	0,071	0,244	0,076	0,064

**Tabla A.7: Prueba Duncan – color en expandido de quinua blanca.**

Tratamiento	N	Subconjunto						
		2	3	4	5	6	7	1
10	15	-3,60						
12	15		-2,80					
1	15			-1,80				
3	15			-1,27	-1,27			
13	15				-0,93			
2	15					1,33		
6	15					1,67	1,67	
5	15					1,80	1,80	1,80
7	15					1,87	1,87	1,87
8	15					1,87	1,87	1,87
9	15					1,93	1,93	1,93
11	15						2,13	2,13
4	15							2,40
Significación		1,000	0,000	0,054	0,227	0,056	0,142	0,056

**Tabla A.8: Prueba Duncan – sabor en expandido de quinua blanca.**

Tratamiento	N	Subconjunto						
		1	2	3	4	5	6	1
10	15	-3,87						
12	15		-2,20					
1	15			-1,07				
2	15				1,13			
13	15				1,33	1,33		
6	15				1,47	1,47		
11	15				1,60	1,60		
8	15				1,60	1,60		
7	15				1,67	1,67		
5	15				1,67	1,67		
9	15				1,67	1,67		
3	15					1,80	1,80	
4	15							2,33
Significación		1,000	1,000	1,000	0,104	0,157	0,056	

**Tabla A.9: Prueba Duncan – apariencia en expandido de quinua blanca.**

Tratamiento	N	Subconjunto			
		2	3	4	1
10	15	-2,47			
1	15		-0,80		
12	15		-0,80		
13	15		-0,73		
3	15		-0,47	-0,47	
2	15			0,27	
6	15				1,33
9	15				1,33
5	15				1,40
8	15				1,53
7	15				1,53
4	15				1,73
11	15				2,07
Significación		1,000	0,469	0,077	0,129



**Anexo 11: ANOVA, coeficiente de regresión y valores óptimos – índice de expansión en quinua roja.**

**Tabla A.10: Análisis de Varianza para índice de expansión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad m.p.	23,6084	1	23,6084	47,98	0,0002*
B:Presión	17,4262	1	17,4262	35,41	0,0006*
AA	7,19301	1	7,19301	14,62	0,0065*
AB	0,4096	1	0,4096	0,83	0,3919 N.S.
BB	0,606177	1	0,606177	1,23	0,3037 N.S.
Error total	3,44444	7	0,492064		
Total (corr.)	52,2925	12			

**Tabla A.11: Coeficientes de regresión para índice de expansión**

Coeficiente	Estimado
Constante	-49,9944
A:Humedad m.p.	3,66509
B:Presión	0,210957
AA	-0,165059
AB	0,00512
BB	-0,000479164

**Tabla A.12: Respuesta óptima**

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Humedad m.p.	9,0	16,0	15,1355
Presión	190,0	260,0	260,0
Valor optimo			10,2719

**Anexo 12: ANOVA, coeficiente de regresión y valores óptimos –  
rendimiento del proceso de expandido de quinua roja.**

**Tabla A.13: Análisis de Varianza para Rendimiento**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad m.p.	0,843063	1	0,843063	0,40	0,5456 N.S
B:Presión	0,690182	1	0,690182	0,33	0,5836 N.S
AA	75,3733	1	75,3733	36,05	0,0005*
AB	7,6729	1	7,6729	3,67	0,0970 N.S
BB	19,0471	1	19,0471	9,11	0,0194*
Error total	14,6368	7	2,09097		
Total (corr.)	110,399	12			

**Tabla A.14: Coeficiente de regresión para Rendimiento**

Coeficiente	Estimado
Constante	-90,3195
A:Humedad m.p.	8,50226
B:Presión	0,919873
AA	-0,53431
AB	0,02216
BB	-0,00268596

**Tabla A.15: Respuesta óptima**

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Humedad m.p.	9,0	16,0	12,583
Presión	190,0	260,0	223,131
Valor óptimo			65,809

**Anexo 13: ANOVA, coeficiente de regresión y valores óptimos –  
humedad del expandido de quinua roja.**

**Tabla A.16: Análisis de Varianza para Humedad expandido**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad m.p.	9,39929	1	9,39929	63,10	0,0001*
B:Presión	0,0000323232	1	0,0000323232	0,00	0,9887 N.S
AA	2,59313	1	2,59313	17,41	0,0042*
AB	0,002025	1	0,002025	0,01	0,9105 N.S
BB	0,122657	1	0,122657	0,82	0,3943 N.S
Error total	1,04268	7	0,148954		
Total (corr.)	13,062	12			

**Tabla A.17: Coeficiente de regresión para Humedad expandido**

Coeficiente	Estimado
Constante	-25,6788
A:Humedad m.p.	2,99439
B:Presión	0,101413
AA	-0,0991052
AB	-0,00036
BB	-0,000215542

**Tabla A.18: Respuesta óptima**

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Humedad m.p.	9,0	16,0	14,7025
Presión	190,0	260,0	222,966
Valor optimo			7,639

**Anexo 14: ANOVA, coeficiente de regresión y valores óptimos – índice de expansión en quinua blanca.**

**Tabla A.19: Análisis de Varianza para Índice de expansión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad m.p.	13,8993	1	13,8993	340,05	0,0000*
B:Presión	7,44339	1	7,44339	182,11	0,0000*
AA	1,76853	1	1,76853	43,27	0,0003*
AB	0,005625	1	0,005625	0,14	0,7216 N.S
BB	0,0286446	1	0,0286446	0,70	0,4302 N.S
Error total	0,286115	7	0,0408735		
Total (corr.)	23,403	12			

**Tabla A.20: Coeficientes de regresión para Índice de expansión**

Coeficiente	Estimado
Constante	-29,9963
A:Humedad m.p.	2,71102
B:Presión	0,0931503
AA	-0,0818447
AB	-0,0006
BB	-0,000104161

**Tabla A.21: Respuesta óptima**

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Humedad m.p.	9,0	16,0	15,6092
Presión	190,0	260,0	260,0
Valor optimo			7,1219

**Anexo 15: ANOVA, coeficiente de regresión y valores óptimos –  
rendimiento del proceso de expandido de quinua blanca.**

**Tabla A.22: Análisis de Varianza para Rendimiento**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad m.p.	0,975808	1	0,975808	0,36	0,5698 N.S
B:Presión	6,60742	1	6,60742	2,41	0,1647 N.S
AA	109,186	1	109,186	39,78	0,0004*
AB	13,4322	1	13,4322	4,89	0,0626 N.S
BB	2,27532	1	2,27532	0,83	0,3929 N.S
Error total	19,2147	7	2,74496		
Total (corr.)	157,177	12			

**Tabla A.23: Coeficientes de regresión para Rendimiento**

Coeficiente	Estimado
Constante	102,716
A:Humedad m.p.	9,33971
B:Presión	-0,820787
AA	-0,643085
AB	0,02932
BB	0,000928337

**Tabla A.24: Tabla A.17: Respuesta óptima**

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Humedad m.p.	9.0	16.0	11.5936
Presión	190.0	260.0	190.0
Valor optimo			66,7079

**Anexo 16: ANOVA, coeficiente de regresión y valores óptimos – humedad del  
expandido de quinua blanca.**

**Tabla A.25: Análisis de Varianza para Humedad expandido**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Humedad m.p.	5,59709	1	5,59709	75,19	0,0001*
B:Presión	0,215358	1	0,215358	2,89	0,1328 N.S
AA	1,60171	1	1,60171	21,52	0,0024*
AB	0,038025	1	0,038025	0,51	0,4979 N.S
BB	0,152219	1	0,152219	2,04	0,1958 N.S
Error total	0,521102	7	0,0744431		
Total (corr.)	8,03071	12			

**Tabla A.26: Coeficientes de regresión para Humedad expandido**

Coeficiente	Estimado
Constante	-25,6785
A:Humedad m.p.	2,63449
B:Presión	0,120956
AA	-0,077889
AB	-0,00156
BB	-0,000240115

**Tabla A.27: Tabla A.20: Respuesta óptima**

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Humedad m.p.	9,0	16,0	14,8732
Presión	190,0	260,0	203,559
Valor optimo			6,224

## Anexo 17: Análisis proximal de quinua roja expandida.



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

### INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° DIC-72164

Pag. 1 / 1

Cliente : SYS BUSINESS GROUP E.I.R.L  
Responsable : LILIANA HUAMANI VALENZUELA  
Dirección : AV. PASEO DE LA REPUBLICA NRO. 1150 URB. ROSARIO DE VILLA LIMA - LIMA - CHORRILLOS  
Producto : QUINUA ROJA EXPANDIDA (POP)  
Numero de muestras : 01 muestra x 500g aprox.  
Presentación : Bolsa de polietileno  
Procedencia de la muestra : Muestra proporcionada por el cliente  
Fecha de recepción de las muestras : 21/12/2018  
Fecha de inicio de análisis : 21/12/2018  
Fecha de término de análisis : 09/01/2019  
Orden de Trabajo (OT) : 87386

Código de Muestras	Grasa (*) g/100g	Proteína (*) g/100g	Cenizas (*) g/100g	Carbohidratos (*) g/100g
LOTE: QBE028-DC18SYS	4.11	9.20	3.08	73.14

Código de Muestras	Energía Kcal/100g	Fibra Cruda g/100g	Humedad g/100g
LOTE: QBE028-DC18SYS	366	3.26	7.21

Métodos:  
(\*) Grasa NTP 205.006:1980 (Revisada el 2011) CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de materia grasa  
(\*) Proteína NTP 205.005:1979 (REVISADA EL 2011) CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl)  
(\*) Cenizas NTP 205.004:1979 (Revisada el 2011) CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de Cenizas  
(\*) Carbohidratos Por Cálculo  
(\*) Energía Por Cálculo  
(\*) Fibra Cruda AOCs Ba 6-84, 6th Edition, 2009. Crude Fiber  
(\*) Humedad NTP 205.002 (Revisado 2016). 1979 CEREALES Y MENESTRAS Determinación del contenido de humedad. Método usual

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

Callao, 10 de Enero de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.  
A Bureau Veritas Group Company

Firmado Digitalmente por:  
ROBERTHO ANGEL PALOMINO  
ROSALES  
Fecha: 10/08/2019 17:22:26  
C.I.P. 114739  
Jefe de Lab. Orgánica

BUREAU  
VERITAS

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada

No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

< "valor" significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado

A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.

Este tiempo variará desde 7 días hasta 6 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax: (511) 628-9016  
www.inspectorate.com.pe



## Anexo 18: Análisis proximal de quinua blanca expandida.



**INSPECTORATE**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N°LE - 031

### INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° DIC-72165

Pag. 1 / 1

Cliente : SYS BUSINESS GROUP E.I.R.L  
 Responsable : LILIANA HUAMANI VALENZUELA  
 Dirección : AV. PASEO DE LA REPUBLICA NRO. 1150 URB. ROSARIO DE VILLA LIMA - LIMA - CHORRILLOS  
 Producto : QUINUA BLANCA EXPANDIDA (POP)  
 Numero de muestras : 01 muestra x 500g aprox.  
 Presentación : Bolsa de polietileno  
 Procedencia de la muestra : Muestra proporcionada por el cliente  
 Fecha de recepción de las muestras : 21/12/2018  
 Fecha de inicio de análisis : 21/12/2018  
 Fecha de término de análisis : 09/01/2019  
 Orden de Trabajo (OT) : 87387

Código de Muestras	Grasa (*) g/100g	Proteína (*) g/100g	Cenizas (*) g/100g	Carbohidratos (*) g/100g
LOTE: QBE028-DC18SYS	4.86	10.80	3.12	71.7

Código de Muestras	Energía Kcal/100g	Fibra Cruda g/100g	Humedad g/100g
LOTE: QBE028-DC18SYS	374	3.98	5.54

Métodos:  
 (\*) Grasa NTP 205.006:1980 (Revisada el 2011) CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de materia grasa  
 (\*) Proteína NTP 205.005:1979 (REVISADA EL 2011) CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl)  
 (\*) Cenizas NTP 205.004:1979 (Revisada el 2011) CEREALES Y MENESTRAS. Determinación de Cenizas  
 (\*) Carbohidratos Por Cálculo  
 (\*) Energía Por Cálculo  
 (\*) Fibra Cruda AOCs Ba 6-84, 6th Edition, 2009. Crude Fiber  
 (\*) Humedad NTP 205.002 (Revisado 2016). 1979 CEREALES Y MENESTRAS Determinación del contenido de humedad. Método usual

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

Callao, 10 de Enero de 2019

Inspectorate Services Perú S.A.C.  
A Bureau Veritas Group Company

Firmado Digitalmente por:  
 ROBERTHO ANGEL PALOMINO  
 ROSALES  
 Fecha: 10/08/2019 17:22:26  
 C.I.P. 114739  
 Jefe de Lab. Orgánica



Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada  
 No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 < "valor" significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado  
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.  
 Este tiempo variará desde 7 días hasta 6 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax: (511) 628-9016  
 www.inspectorate.com.pe





Anexo 19: Norma técnica peruana – Expandidos de quinua

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 011.459  
2016**

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

---

**GRANOS ANDINOS. Expandidos de quinua. Requisitos**

ANDEAN GRAINS. Expanded quinoa. Requirements

**2016-07-20**

**1ª Edición**

R.D. N° 016-2016-INACAL/DN. Publicada el 2016-07-23

Precio basado en 16 páginas

I.C.S.: 67.060

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Grano andino, expandido, pop, popeado, pipoca, quinua

## GRANOS ANDINOS. Expandidos de quinua. Requisitos

### 1 OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos que deben cumplir los expandidos<sup>1</sup> de los granos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), destinados al consumo humano.

### 2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

#### 2.1 Normas Técnicas Internacionales

2.1.1	CODEX STAN 1:1985 rev. 7:2010	Norma general para el etiquetado de los alimentos preenvasados
2.1.2	CODEX STAN 234:1999 enm. 1:2015	Métodos de análisis y de muestreo recomendados
2.1.3	CODEX CAC/RCP 1:1969 enm.1:1999, rev. 4:2011	Principios generales de higiene de los alimentos

<sup>1</sup> Los expandidos de quinua comercialmente también son conocidos como: insuflados, pipocas, pops

2.1.4	CAC/GL 50:2004	Directrices generales sobre muestreo
2.1.5	CODEX STAN 193:1995 rev. 4:2009, enm. 5:2015	Norma general para contaminantes y toxinas presentes en los alimentos
2.1.6	ISO 1871:2009	Alimentos y productos alimenticios – Lineamientos generales para la determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl
2.1.7	ISO 2171:2007	Cereales, leguminosas y productos derivados – Determinación de cenizas por incineración
2.1.8	ISO 7305:1998	Productos de cereales molidos – Determinación de acidez de la grasa
2.1.9	ISO 4831:2006	Microbiología de alimentos para consumo humano y animal - Método horizontal para la numeración de coliformes - Técnica del número más probable
2.1.10	ISO 21527-2:2008	Microbiología de alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para la numeración de mohos y levaduras. Parte 2: Técnica del conteo de colonias en productos con actividad de agua menor o igual a 0,95
2.1.11	ISO 6579:2002+Cor. 1:2004 +enm. 1:2007	Microbiología de alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para la detección de <i>Salmonella</i> spp.

## **2.2 Normas Técnicas Peruanas**

- |       |   |  |
|-------|---|--|
| 2.2.1 | NTP 209.038:2009<br>(revisada el 2014)  | ALIMENTOS ENVASADOS. Etiquetado  |
| 2.2.2 | NTP-ISO 2859-1:2013                     | PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS. Parte 1: Esquemas de muestreo clasificados por límite de calidad aceptable (LCA) para inspección lote por lote |
| 2.2.3 | NTP 011.453:2014                        | GRANOS ANDINOS. Quinoa y cañihua. Buenas prácticas de manufactura en plantas de procesamiento  |
| 2.2.4 | NTP 205.062:2014                        | GRANOS ANDINOS. Quinoa. Requisitos   |
| 2.2.5 | NTP-ISO 4121:2008<br>(revisada el 2014) | Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuesta cuantitativas  |
| 2.2.6 | NTP-ISO 6658:2008<br>(revisada el 2014) | Análisis sensorial. Metodología. Lineamientos generales  |

## **2.3 Norma Metrológica Peruana**

- |       |              |   |
|-------|--------------|---|
| 2.3.1 | NMP 001:2014 | Requisitos para el etiquetado de productos preenvasados |
|-------|--------------|---|



## 2.4 Normas Técnicas de Asociación

2.4.1	AOAC 945.15 ed. 20:2016	Humedad en cereales adjuntos
2.4.2	AOAC 992.23 ed. 20:2016	Proteína cruda en granos de cereales y semillas de oleaginosas
2.4.3	AOAC 923.03 ed. 20:2016	Ceniza en harina. Método directo
2.4.4	AOAC 945.38 C ed. 20:2016	Granos
2.4.5	AOAC 990.12 ed. 20:2016	Recuento de aerobios mesófilos en alimentos
2.4.6	AOAC 997.02 ed. 20:2016	Recuento de mohos y levaduras en alimentos
2.4.7	AOAC 980.31 ed. 20:2016	<i>Bacillus cereus</i> en alimentos
2.4.8	AOAC 978.24 ed. 20:2016	<i>Salmonella spp.</i> en alimentos

## 3 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a los expandidos de los granos de quinua destinados a la comercialización para el consumo humano.

## 4 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones, además de los establecidos en las NTP 205.062 y NTP 011.453 .

## 4.1 Definiciones generales

4.1.1 **aditivo alimentario:** cualquier sustancia que en cuanto tal no se consume normalmente como alimento, ni tampoco se usa como ingrediente básico en alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada al alimento con fines tecnológicos (incluidos los organolépticos) en sus fases de fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte o almacenamiento, resulte o pueda preverse razonablemente que resulte (directa o indirectamente) por sí o sus subproductos, en un componente del alimento o un elemento que afecte a sus características. Esta definición no incluye “contaminantes” o sustancias añadidas al alimento para mantener o mejorar las cualidades nutricionales.

4.1.2 **actividad de agua:** es el agua libre o agua disponible en un alimento y su distribución en su estructura que influye en el color, sabor, textura, actividad vitamínica y fecha de caducidad.

4.1.3 **expandidos:** son espumas solidas donde la fase continua es una matriz de almidón y proteína y la fase dispersa son las burbujas de aire.

4.1.4 **higroscopía:** es la propiedad que tienen algunos alimentos de absorber humedad del medio ambiente, hasta llegar a un equilibrio higroscópico.

4.1.5 **índice de expansión:** parámetro que permite conocer el incremento del volumen y tamaño del grano procesado (beneficiado) por efecto de la expansión.

4.1.6 **materia extraña:** es la presencia de todo material distinto a los granos expandidos.

4.1.7 **materia residual:** es la presencia de granos quemados, no expandidos, quebrados y polvillo.

4.1.8 **proceso de expandido:** son los procesos de cambios bruscos de temperatura y presión a que se someten los granos beneficiados para que suceda el fenómeno de expansión, obteniendo un producto poroso y voluminoso, con una humedad adecuada al producto final.

## 4.2 Definiciones relativas al proceso de elaboración de expandidos

El orden de las definiciones relativas a la elaboración de expandidos de la quinua en el presente apartado es de carácter referencial, algunas agroindustrias aplican o pueden adecuar las secuencia de las siguientes operaciones de acuerdo a su flujograma de trabajo y/o disponibilidad de maquinarias.

4.2.1  **acondicionamiento:** es la operación física de estabilizar la humedad del grano beneficiado que le confiera una condición óptima para la expansión. Los valores de humedad recomendados para la expansión dependen de la zona geográfica y oscila entre 12 % a 19 % de humedad.

4.2.2  **insuflado:** Es la operación física (proceso de expansión) mediante el incremento de temperatura y presión controlada, con el objetivo de expandir los granos procesados.

4.2.3  **tamizado:** Es la operación mecánica que tiene por objeto clasificar y/o seleccionar los granos expandidos según su integridad, utilizando tamices

4.2.4  **envasado:** operación de protección del expandido utilizando envases apropiados de uso alimentario.

## 5 REQUISITOS

### 5.1 Requisitos generales

5.1.1 Los expandidos de quinua deberán provenir de granos de la quinua procesada (beneficiada) limpios, sanos, libres de cualquier otra materia extraña, asimismo deberá cumplir con los requisitos establecidos en las NTP 205.062 .



5.1.2 Los expandidos de granos de quinua, y aditivos que se agreguen, deberán ser inocuos y apropiados para el consumo humano, podrán contener los aditivos permitidos por la legislación nacional vigente, la autoridad nacional sanitaria competente<sup>2</sup>, y/o el país de destino o en su defecto según lo establecido por el *Codex Alimentarius*.

5.1.3 En la elaboración, preparación y manipulación del producto se debe tener en cuenta lo establecido en el Capítulo 9 de la presente Norma Técnica Peruana.

5.1.4 Los expandidos de quinua deberán ser preparados, procesados y envasados bajo condiciones higiénico-sanitarias acordes a las Buenas Prácticas de Manufactura en plantas de procesamiento (véase la NTP 011.453) y a la legislación nacional vigente.

5.1.5 Los requisitos físico sensoriales descritos en esta NTP a los cuales no se les ha asignado un método de ensayo específico, se verifican por medio de evaluaciones físicas y sensoriales. Se recomienda utilizar la NTP-ISO 6658 o alguna otra específica de existir. De ser necesario el uso de escalas, se podrá utilizar la NTP-ISO 4121 .

## 5.2 Requisitos sensoriales

Los expandidos de quinua deberán ajustarse a los siguientes requisitos:

- **Apariencia:** granos esféricos livianos.
- **Color:** característico según la variedad o ecotipo.
- **Aroma:** propio de los expandidos de los granos de quinua.
- **Sabor:** característico de expandidos y deberá estar exenta de sabores extraños.
- **Consistencia:** expandido homogéneo sin aglomeraciones de ninguna clase.
- **Textura:** granos de quinua expandida crocantes y porosos.

---

<sup>2</sup> A la fecha la Autoridad Sanitaria Nacional Competente es la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA  
© INACAL 2016 – Todos los derechos son reservados



### 5.3 Requisitos químico proximal

Los expandidos de granos de quinua deben cumplir los requisitos físico químico que se especifican en la Tabla 1 .

**TABLA 1 - Requisitos físico químico de expandidos de quinua**

Requisitos	Unidad	Valores		Método de ensayo
		mínimo	máximo	
Humedad	%		8,5	AOAC 945.15
Proteína	%	4,5		ISO 1871, AOAC 992.23
Cenizas	%		1,2	ISO 2171, AOAC 923.03
Grasa	%		2,5	AOAC 945.38

NOTA 1: Los valores referidos están expresados en base seca.

NOTA 2: Es pertinente declarar los valores de carbohidratos y valor energético como información nutricional del producto.

### 5.4 Requisitos microbiológicos

Los expandidos de quinua deberán ser inocuos y cumplir con lo especificado en la Tabla 2 , de tal manera que garantice la calidad del producto y vele por la salud de los consumidores.

**TABLA 2 - Requisitos microbiológicos de expandidos de quinua<sup>3</sup>**

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g		Método de ensayo
					m	M	
Aerobios mesofilos (ufc/g)	3	3	5	1	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	AOAC 990.12
Mohos (ufc/g)	2	3	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	ISO 21527, AOAC 997.02
Coliformes (NMP/g)	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>	ISO 4831
<i>Bacillus cereus</i> (ufc/g)	8	3	5	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	AOAC 980.31
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia/25 g	---	ISO 6579, AOAC 978.24

<sup>3</sup> Conforme a lo establecido en la regulación nacional vigente según RM N° 591-2008/MINSA "Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano".

donde:

- n** : Número de unidades de muestra seleccionadas al azar de un lote, que se analizan para satisfacer los requerimientos de un determinado plan de muestreo;
- c** : Número máximo permitido de unidades de muestras rechazables en un plan de muestreo de 2 clases o número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” en un plan de muestreo de 3 clases. Cuando se detecte un número de unidades de muestra mayor a “c” se rechaza el lote.
- m** : Límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general, un valor igual o menor a “m” representa un producto aceptable y los valores superiores a “m” indican lotes aceptables o inaceptables, y
- M** : Los valores de recuentos microbianos superiores a “M” son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.

## **6 MUESTREO**

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en CAC/GL 50 o según la NTP-ISO 2859-1 .

## **7 ADITIVOS ALIMENTARIOS**

De ser necesario se podrá añadir aditivos de acuerdo a especificaciones permitidas por la legislación nacional, del país de destino o lo establecido por el *Codex Alimentarius*.

## **8 CONTAMINANTES**

Los expandidos de quinua, deberán estar exentos de residuos de plaguicidas y metales pesados, en cantidades que puedan presentar un peligro para la salud humana, de acuerdo a lo establecido en la legislación nacional vigente, país de destino o en su defecto en la norma CODEX STAN 193 en su última versión.

Para evaluar contaminantes se deben utilizar metodologías de ensayo normalizadas o validadas.

## **9 CONDICIONES DE HIGIENE**

Se recomienda que el producto al que se refieren las disposiciones de la presente Norma Técnica Peruana sea elaborado y manipulado de acuerdo con las secciones apropiadas del CAC/RCP 1 en su última versión, así como la legislación nacional competente<sup>4</sup>

## **10 ENVASADO**

Los expandidos de quinua deberán envasarse y manipularse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, sensoriales y tecnológicas del producto.

Los envases deberán estar fabricados únicamente con materiales que sean inocuos y adecuados para el uso al que se destinan. No deberán transmitir (migrar) al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

Se permite el uso de: sacos de papel multipliego, bolsas de polipropileno, envases de polipropileno, polipropileno bioorientado de alta densidad y otros permitidos en la industria alimentaria y que sean de primer uso. Papel o sellos con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico o inocuo.

---

<sup>4</sup> Conforme a lo establecido en la regulación nacional vigente según DS-007-98 SA y su modificatoria DS-004-2014-SA Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas



De preferencia el envase para los expandidos deberá ser de material bilaminado o bio orientado.

## 11 ETIQUETADO

La etiqueta o rótulo utilizado para la comercialización, debe cumplir con la legislación nacional vigente o en su defecto con lo establecido en la NTP 209.038 y NMP 001 . Además de los requisitos aplicables especificados en la norma CODEX STAN 1 .

Sin perjuicio de lo establecido en la legislación y/o normativas mencionadas, la información mínima que debe contener la etiqueta o rótulo del producto es:

- Nombre del producto “expandidas, pipocas, popeada o pops de quinua”.
- Peso neto del producto envasado.
- Nombre, razón social y dirección del fabricante (agroindustrial).
- Código o clave del lote.
- Fecha de vencimiento.
- Número de Registro Sanitario (de aplicar).
- Lugar (localidad) donde se elaboró el producto.
- Condiciones de conservación.

Para la impresión de las etiquetas deberán utilizarse tinta indeleble de uso alimentario, que no se borre con el rozamiento ni manipuleo.

## 12 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Para el almacenamiento se deberá contar con ambientes apropiados para proteger la calidad sanitaria e inocuidad del producto y evitar los riesgos de contaminación cruzada, El almacenamiento de materias primas y productos terminados se realizará en ambientes separados. Se recomienda que el producto se almacene bajo condiciones de humedad relativa no mayor a 60 % y temperatura no mayor a 20 °C .

El medio de transporte a utilizarse deberá ser de uso exclusivo para el transporte de alimentos, está prohibido el uso de vehículos que trasladan productos tóxicos o que transmitan olores o sabores desagradables.

Tanto para el almacenamiento y el transporte del producto se debe cumplir con lo establecido en las Buenas prácticas de manufactura en plantas de procesamiento y fabricación, además de lo establecido por la autoridad competente.

## 13 ANTECEDENTES

- |      |                          |  |
|------|--------------------------|--|
| 13.1 | NTP 205.062:2014         | GRANOS ANDINOS. Quinoa. Requisitos   |
| 13.2 | NTP 011.453:2014         | GRANOS ANDINOS. Quinoa y cañihua. Buenas prácticas de manufactura en plantas de procesamiento                              |
| 13.3 | NTC 3659:1996            | INDUSTRIAS ALIMENTARIAS. EXPANDIDOS EXTRUIDOS A BASE DE CEREALES   |
| 13.4 | R. M. N° 451-2006-MINSA. | “Norma Sanitaria para la Fabricación de Alimentos a Base de Granos y Otros destinados a Programas Sociales de Alimentación |

13.5 R. M. N° 591-2008/MINSA. NTS N° 071-MINSA/DIGESAV.01 “Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”

13.6 Información de la caracterización realizada a expandidos de quinua realizado por el coordinador del SCTN - Grupo de trabajo quinua - José Luis Soto

13.7 Informe de ensayo a expandidos de quinua. Propiedades físicas de granos expandidos de quinua realizado por Huichi Amparo, Jose Manuel Prieto y Florentino Choquehuanca, miembros del Sub Comité de Granos Andinos

