

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



**EFFECTO DE LA HARINA DE MORINGA (*Moringa oleifera*) Y  
JARABE DE AGAVE (*Agave americana* L.) EN LAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y SENSORIALES DE QUINUA  
(*Chenopodium quinoa* Willd.) EXPANDIDA**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR:**

**Eve Alcira CONDORI GONZALES**

**AYACUCHO – PERÚ**

**2022**

## DEDICATORIA

A Dios, como ofrenda de amor, por su santa gracia que me cubre todos los días y me ayuda a alcanzar mis más anhelados sueños.

A mis adorados padres, Gregorio y Elena, quienes con amor, sacrificio, abnegación y constancia inculcaron en mí el amor y respeto al prójimo, quienes supieron apoyarme y guiarme hacia el sendero del éxito; a mi querida hermana Vanessa con mucho cariño y amor por ser mi constante motivación.

A mi amado esposo Antonio Matos por su amor, comprensión, paciencia y apoyo incondicional. A mi adorada hija Alessandra Janice razón de mi vida, quien con su tierna existencia ha logrado dar sentido a mi vida llenándola de aspiraciones.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi gratitud a Dios quien, con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi especial agradecimiento para mi alma mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por acogerme en sus aulas y darme una formación profesional óptima y competente.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, en especial a los de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por la enseñanza de sus valiosos conocimientos y sabidurías a lo largo de mi formación profesional.

Mi profundo agradecimiento con todo cariño y amor a mis adorados padres Gregorio y Elena, por ser mi pilar fundamental, gracias infinitas.

Gracias por formar parte de mi existencia, agradezco a la vida haberte encontrado en mi destino, eres mi inspiración y mi motivación; gracias por tu dedicación, por tu amor, tus sabios consejos, tu apoyo incondicional, tu paciencia y entrega; a mi asesor de tesis, mi esposo Antonio Matos Alejandro; por ser parte importante en el logro de mis metas profesionales.

## ÍNDICE GENERAL

Pág.

### RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	MARCO TEÓRICO .....	4
2.1	ANTECEDENTES .....	4
2.2	Quinoa .....	6
2.2.1	Generalidades .....	6
2.2.2	Clasificación taxonómica .....	7
2.2.3	Diversidad genética y variedades .....	8
2.2.4	Valor nutricional .....	9
2.2.5	Propiedades funcionales .....	11
2.2.6	Usos .....	12
2.3	Moringa .....	13
2.3.1	Moringa en la alimentación humana .....	14
2.3.2	Actividad antioxidante .....	15
2.3.3	Importancia nutricional .....	15
2.4	Agave .....	18
2.4.1	Importancia y usos del agave .....	19
2.4.2	Jarabe de agave .....	20
2.4.3	Beneficios del agave .....	21
2.5	Proceso de expandidos .....	22
2.5.1	Factores que afectan el proceso de expandido .....	24
2.5.2	Transformaciones del material durante el expandido .....	26

2.5.3	Métodos de evaluación del material expandido.....	26
2.5.4	Requisitos de quinua expandida .....	28
2.6	Análisis sensorial.....	29
2.6.1	El umbral sensorial.....	30
2.6.2	Propiedades organolépticas y los sentidos del ser humano.....	31
2.6.3	Pruebas afectivas usadas en el análisis sensorial.....	32
2.6.4	Escala hedónica.....	32
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1	Lugar de ejecución.....	34
3.2	Tipo y nivel de investigación.....	34
3.3	Población y muestra.....	35
3.4	Materia prima.....	35
3.5	Insumos, materiales y equipos .....	35
3.5.1	Insumos.....	35
3.5.2	Materiales.....	35
3.5.3	Equipos.....	36
3.6	Metodología experimental.....	37
3.6.1	Elaboración de grano expandido de quinua .....	37
3.6.2	Análisis de propiedades físicas.....	39
3.7	Esquema experimental.....	40
3.8	Diseño y análisis estadístico .....	41

3.9	Análisis sensorial.....	42
3.10	Composición química proximal de la quinua expandida.....	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1	Evaluación de las características físicas de la quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave.....	44
4.1.1	Índice de expansión.....	44
4.1.2	Humedad.....	47
4.1.3	Densidad.....	49
4.1.4	Rendimiento.....	51
4.2	Análisis sensorial.....	53
4.2.1	Color.....	53
4.2.2	Sabor.....	55
4.2.3	Aceptabilidad.....	58
4.3	Composición químico proximal.....	60
	CONCLUSIONES.....	64
	RECOMENDACIONES.....	65
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química de quinua Blanca Junín.....	10
Tabla 2. Proteínas (%) en variedades de quinua .....	11
Tabla 3. Análisis proximal de las hojas frescas de la planta de moringa.....	16
Tabla 4. Contenido de aminoácidos de las hojas de moringa/100 g.....	17
Tabla 5. Vitaminas y minerales de las hojas de moringa/100 g.....	17
Tabla 6. Requisitos fisicoquímicos de expandido de quinua.....	29
Tabla 7. Análisis de variancia para el índice de expansión de los tratamientos....	45
Tabla 8. Prueba de Duncan para el índice de expansión de los tratamientos.....	45
Tabla 9. Análisis de variancia de humedad de las quinuas expandidas.....	47
Tabla 10. Prueba de Duncan para la humedad de los tratamientos.....	48
Tabla 11. Análisis de variancia para la densidad aparente en los tratamientos....	49
Tabla 12. Prueba de comparación de Duncan de densidad aparente.....	50
Tabla 13. Análisis de variancia para el rendimiento de los tratamientos.....	52
Tabla 14. Comparación de medias por Duncan del rendimiento.....	52
Tabla 15. Análisis de variancia del atributo color de las quinuas expandidas.....	53
Tabla 16. Prueba de medias por Duncan para el atributo color .....	54
Tabla 17. Análisis de variancia del atributo sabor de las quinuas expandidas....	56
Tabla 18. Prueba de medias por Duncan para el atributo sabor.....	56
Tabla 19. Análisis de variancia de aceptabilidad de las quinuas expandidas.....	58
Tabla 20. Prueba de medias por Duncan para la aceptabilidad.....	59
Tabla 21. Composición proximal de expandido de quinua con harina de Moringa y jarabe de agave .....	60





## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se analizó las características físicas y sensoriales de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto que tuvo los pseudocereales de quinua expandida (Blanca Junín) elaborados mediante cañón expansor; se tuvo seis tratamientos con tres niveles de harina de moringa y dos niveles de jarabe de agave. Se estudiaron a condiciones de proceso establecidos con parámetros fijos de la región. Los expandidos se caracterizaron mediante sus propiedades físicas como índice de expansión, densidad aparente, humedad y rendimiento, sus atributos sensoriales como color, sabor y aceptabilidad, y al tratamiento con preferencia sensorial se realizó el análisis químico proximal. Los parámetros de proceso fueron: 180 PSI de presión por 5 min en el cañón expansor y contenido de humedad de 17% base húmeda. La adición de la harina de moringa y jarabe de agave permitió establecer un producto con buenas características de presentación y aceptación por los panelistas. Los expandidos de quinua presentaron: 5,89% como índice de expansión, 4,92% de humedad, 82,64 g/cm<sup>3</sup> densidad aparente y un rendimiento de 71,42%. El proceso térmico realizado a través del cañón expansor alcanzó expandidos de quinua con harina de moringa y jarabe de agave de calidad aceptable. Los resultados encontrados serán de utilidad para desarrollar alimentos expandidos en la industria alimentaria.

## I. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal de condiciones alimenticias excepcionales utilizado desde las poblaciones indígenas de América del Sur como Perú y Bolivia. Nutricionalmente es importante por su contenido de proteína, siendo un alimento que provee aminoácidos como lisina y los azufrados, por otra parte, otros cereales carecen de los aminoácidos mencionados. Por sus beneficios en la alimentación, este recurso puede ser manufacturado en productos con que tengan valor agregado, lo que prolongaría el tiempo de vida en anaquel, facilitaría su utilización y permitiría el aprovechamiento de sus componentes nutritivos; no obstante, se siguen realizando esfuerzos para crear hábitos de consumo de la quinua en diversas presentaciones como: harinas, extruidos, granos perlados crudos y precocidos, panes, galletas, pastas, hojuelas, entre otras preparaciones, que proporcione a los consumidores beneficios nutricionales. La quinua puede ser tratada con azúcar, miel o jarabe para preparaciones como expandidos, barras energéticas, snacks entre otros.

La moringa es un recurso con gran potencial nutritivo, que es considerada como uno de los alimentos con múltiples beneficios en la alimentación, previniendo enfermedades por su contribución como alimento saludable. Las hojas tienen múltiples usos y beneficios con propiedades nutritivas dentro de los vegetales (Liñan, 2010). El contenido de proteína es del 27% en base seca; además tiene micronutrientes como calcio, fósforo, hierro y vitaminas A y C en cantidades mayores que otros recursos.

La producción de quinua y de moringa se ha incrementado en los últimos tiempos, por lo que se busca mejorar la capacidad de conservación y elevar el valor agregado de los productos tanto frescos como procesados.

Del agave se obtiene jarabe o miel como edulcorante natural, este producto constituye un potente endulzante para la formulación de diversos productos como bebidas, postres, licores, panificación, yogures y otros. Los productos son elaborados por la obtención del jarabe de los jugos del tallo de agave, resultando un líquido denso y de gran poder edulcorante.

El expandido tiene una tecnología donde se modifican las características físicas y químicas de la quinua durante el proceso térmico, mejorando la digestibilidad de los granos, presentando ventajas como poca desnaturalización de las proteínas, obtención del producto inocuo, estabilidad durante el almacenamiento, mayor productividad y libre de aditivos.

Teniendo en cuenta lo expuesto, se desea utilizar este pseudo cereal en la producción de quinua expandida, con inclusión de harina de moringa y jarabe de agave, con el fin de otorgarle a este producto un aporte en las características físicas y sensoriales. Por ese motivo, el presente trabajo de investigación

pretende desarrollar un producto de consumo masivo a partir de la industrialización de la quinua, harina de moringa y jarabe de agave.

#### Objetivo general

Evaluar el efecto de la harina de moringa y jarabe de agave en las características físicas y sensoriales de quinua expandida.

#### Objetivos específicos

- a. Evaluar la humedad, índice de expansión, densidad y rendimiento de la quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave.
- b. Analizar los atributos sensoriales de color, sabor y aceptabilidad de la quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave.
- c. Seleccionar el mejor producto de quinua expandida, por las características físicas y sensoriales de los tratamientos.
- d. Determinar la composición químico proximal del producto con mayor aceptabilidad.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Yana (2015) en su trabajo de investigación sobre quinua insuflada en tres variedades, determinó que durante el insuflado tuvo efecto en la proteína, pero no en la cantidad de almidón y su digestibilidad, siendo sus valores incrementados por la disminución de otros componentes del pseudo cereal. El que tuvo mayor rendimiento en el insuflado fue la variedad Pasankalla con 94,5% a presión 160 lb/pulg<sup>2</sup>, la variedad Kancolla con 93,53% a 160 lb/pulg<sup>2</sup> y la variedad Ayara 81% a 140 lb/pulg<sup>2</sup>.

En su trabajo de investigación titulado evaluación de las propiedades físicas y químicas en dos variedades de quinua expandida (*Chenopodium quinoa* Willd), Ramirez (2012) trabajó con la Blanca de Juli y Pasankalla, que fueron sometidas al proceso de expansión, tuvo como resultado que la quinua variedad Pasankalla presentó características físicas adecuadas para los procesos de expansión por explosión, en comparación a la variedad Blanca de Juli, los valores fueron: 1,03 para gravedad específica, 1030,74 kg/m<sup>3</sup> para densidad real, 68,96 kg/m<sup>3</sup> para

densidad aparente, 0,93 para porosidad y  $1,58 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  para el calor específico; su composición química para la misma fue: 5,5% de humedad, 10,2% de proteínas, 5,1% de grasa, 4,8% de fibra, 2,1% de cenizas y 70,3% de carbohidratos.

Egas et al. (2010) en su trabajo de investigación, elaboración de un cereal para desayuno con base a quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) expandida probaron dos variedades de quinua (INIAP -Tunkahuan e INIAP- Pata de Venado), caracterizaron física y químicamente en el grano crudo como en el expandido, el grano fue acondicionado a niveles de humedad entre 16% y 17%. Para la expansión experimentaron dos presiones de descarga 130 y 140 psi, obteniendo un mayor índice de expansión con la variedad Tunkahuan, con 17% de humedad y 140 psi. La expansión aplicada influyó en las propiedades físicas del pseudo cereal, variando la densidad aparente desde  $743 \text{ kg/m}^3$  a  $190 \text{ kg/m}^3$  y la actividad de agua desde 0,29 a 0,35. El proceso afectó a la proteína, fibra y cenizas, no así al contenido de almidón y su digestibilidad. Además, afectó a los aminoácidos, la cistina que desaparece, la lisina disminuye en un 55,67 % y la arginina en un 50 %. El porcentaje de sólidos solubles y el tiempo de secado alcanzaron un nivel de aceptabilidad por los consumidores del expandido edulcorado con jarabe de sacarosa y glucosa a 80 °Brix y secado durante 90 minutos.

Nickel et al. (2016) en su trabajo efecto de diferentes tipos de procesamiento sobre el compuesto fenólico total, capacidad antioxidante y contenido de saponina de granos de quinua *Chenopodium quinoa* Willd, afirmaron que el proceso de tostado causó la mayor pérdida de sus componentes e igualmente fue afectado por las otras técnicas de procesamiento. El procesado con altas temperaturas

especialmente con presión, tuvo mayores efectos que los otros procesos, y específicamente en las propiedades funcionales de los granos de quinua.

## **2.2 Quinua**

### **2.2.1 Generalidades**

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es un cultivo muy antiguo de los andes, Max Hule en 1919, indicó que la quinua es antigua desde 5000 años a.c., en los lugares donde se han localizado estos pseudo cereales ratifican esta antigüedad. La particularidad encontrada es, si más antigua sea la semilla se encontrará un mayor porcentaje de semillas de quinuas silvestres, indicando que el proceso de selección tuvo varios siglos para lograrse una variedad (León, 2003).

La cuenca del Lago Titicaca es considerada como el principal centro de origen de la quinua, zona donde existe una cultura alimentaria que incorpora el grano en su consumo diario Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2015).

La quinua es un cultivo que crece en diferentes altitudes, soportando heladas y otros fenómenos climáticos adversos. Este recurso, tiene diferentes periodos vegetativos, superando los 150 días, por sus componentes químicos, es un alimento que tiene características que favorecen para ser transformada y obtener productos agroalimentarios que facilitan un uso directo, con desarrollo y aplicación de tecnologías apropiadas de procesamiento (Mujica et al., 2006).

Según Jacobsen (2003); Tapia y Fries (2007) reportan que la quinua se origina en la región andina y tiene una característica de alto variabilidad genética, que proporciona la resistencia necesaria para crecimiento en varios lugares y

condiciones climáticas. Debido al alto valor nutricional la producción de granos de quinua se extendió a otros territorios, el cultivo de este recurso es cada vez más importante por su adaptabilidad, diversidad y utilidad en territorios con problemas de sus ecosistemas, adicionando a sus propiedades nutricionales que satisface las necesidades de alimentación básica (seguridad alimentaria) del productor, generando ingresos económicos por la venta de su producción (Rojas et al. 2010; Matos y Sánchez, 2011).

### **2.2.2 Clasificación taxonómica**

Fue descrito por primera vez por el científico Alemán Luis Willdnow (León, 2003):

Reyno	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Ciase	: Dicotlédoneas
Subclase	: Angiospermas
Orden	: Centroespermales
Familia	: Chenopodiaceae
Género	: <i>Chenopodium</i>
Sección	: Chenopodia
Subsección	: Cellulata
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.



### 2.2.3 Diversidad genética y variedades

Según Mujica et al. (2006) mencionan que las quinuas sembradas tienen una gran variedad genética, presentando así diferenciación en coloración de la planta, inflorescencia y semilla, también las clases de inflorescencia, y en la cantidad de proteína, betacianina en las hojas y saponina, adaptándose a diferentes condiciones agroecológicas (suelos, precipitación, temperatura, altitud, resistencia a heladas, sequía, salinidad o acidez).

#### **Figura 1**

*Plantaciones de quinua variedad Blanca Junín*



En Perú se obtuvieron las siguientes variedades: Amarilla Maranganí, Kancolla, Blanca de Junín, 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.

#### **2.2.4 Valor nutricional**

La quinua es una fuente natural de proteína vegetal de gran valor nutricional por la alta proporción de aminoácidos esenciales que le atribuye un valor biológico en comparación con otros alimentos como la leche y el huevo, también es un excelente recurso de hidratos de carbono, teniendo casi el doble de proteína en comparación a otros cereales como el arroz y el trigo, tiene un aporte de minerales como hierro, potasio, magnesio y zinc, además de vitaminas del complejo B (Raygada, 2001).

Los granos de quinua son un alimento completo con alto contenido nutricional cuyo valor es debido principalmente a su alto contenido de proteína de buena calidad (Abugoch, 2009). Además de su contenido de proteínas, se han realizado muchos estudios de sus lípidos, almidón, minerales y saponina. Los granos de quinua contienen minerales (Ca, K, Fe, Mg, Mn, P) y vitaminas como vitamina B, vitamina C y vitamina E (Repo-Carrasco et al., 2003).

La quinua, es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas y no contiene gluten. Los aminoácidos esenciales se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en el exosperma o cáscara, como el arroz o trigo Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011).

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

(1993) como se citó en Llerena et al. (2018), acotan que el contenido de los aminoácidos esenciales de la quinua es superior al trigo, cebada y soya, comparándose con la proteína de la leche.

La lisina es un aminoácido limitante en los alimentos vegetales, encontrándose en la quinua superior a otros cereales, la metionina es el 25 % más que la de otros cereales, la cantidad de triptófano es casi lo mismo que en cebada, avena y trigo (Matos y Sánchez, 2011).

La composición química de la quinua variedad Blanca Junín se presenta en el Tabla 1.

**Tabla 1**

*Composición química de quinua Blanca Junín*

Componentes	Cantidad
Humedad	12,8
Proteína	12,5
Lípidos	6,5
Fibra	10,0
Cenizas	2,2
Carbohidratos	66,0
Energía	334 kcal

**Nota.** Fuente: Tablas peruanas de composición de alimentos (2017).

Sin embargo, lo más relevante es su calidad nutricional proteica, rica en lisina, aminoácidos azufrados, vitaminas, calcio, fósforo y hierro. La proteína de la quinua cubre los requerimientos de aminoácidos esenciales, proteínas o nitrógeno total del adulto (Muñoz, 2013).

**Tabla 2***Proteínas (%) en variedades de quinua*

Variedades	Germinada	Expandida	Perlada	Harina	Hojuela
Blanca de Juli	15,16	9,47	14,73	14,2	9,45
Salcedo INIA	13,35	12,62	14,49	13,9	9,62
Kancolla	-	6,30	13,32	-	9,27

**Nota.** Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria (2004) como se citó en Yana (2015).

El grano es la parte más consumida y representa una fuente de macronutrientes, teniendo proteínas con alto contenido de aminoácidos esenciales, por lo que se diferencian de los cereales comunes (FAO, 2013). También es una buena fuente de micronutrientes tales como vitaminas, minerales (Nowak et al., 2016; Stikic et al., 2012), fibra y compuestos fenólicos (Dini et al., 2010).

### **2.2.5 Propiedades funcionales**

Se ha descubierto que la quinua contiene compuestos como polifenoles, fitoesteroles y flavonoides con posibles beneficios nutraceuticos isoflavonas, y lípidos de calidad. Tal combinación de factores contribuye a excelentes propiedades antioxidantes e incluso las saponinas en las capas de semillas, previamente considerados como antinutrientes, ahora se pueden extraer para uso industrial y biomédico. Y tiene algo de propiedades funcionales (tecnológicas) como la solubilidad, capacidad de retención de agua, gelificación, emulsificación y espuma que permite usos diversificados (Atef A et al., 2014). El almidón de quinua tiene propiedades fisicoquímicas (como viscosidad, congelación,

estabilidad) que le confieren propiedades funcionales con usos novedosos (Atef A et al., 2014).

La quinua contiene un alto porcentaje de fibra dietética total (FDT), siendo un producto alimenticio que actúa como un limpiador del organismo, eliminando componentes tóxicos y residuos que puedan tener efectos dañinos en el cuerpo. Produce percepción de saciedad. Los cereales y la quinua en especial, tiene la capacidad de absorber agua y se mantiene mayor tiempo en el estómago (FAO, 2011).

#### **2.2.6 Usos**

Según Egas et al. (2010) por su valor nutritivo y gran potencial agroalimentario, la quinua puede ser transformada en productos de alto valor agregado, lo que mejoraría su presentación, facilitaría su preparación y permitiría el óptimo aprovechamiento de sus componentes nutritivos. Son escasamente conocidos y difundidos los diferentes productos que se pueden elaborar a partir de este grano, tales como: expandidos, graneados, harinas, leches, hojuelas, extraídos, almidones, colorantes, saponinas, proteínas, concentrados, granos perlados crudos y precocidos, germinados, granos preparados para el graneado, malteados, néctares, fideos, golosinas, toffes, dulces, mermeladas, etc.

El grano puede ser tratado con azúcar, jarabe, miel o extracto de malta. Los preparados por procesos tienden a causar la dextrinización del almidón y a incrementar el valor añadido de los productos. Los productos expandidos aumentan la concentración energética, la biodisponibilidad de nutrientes y la

higiene del producto; favorece la gelatinización del almidón y destruye a los inhibidores termolábiles obteniéndose un alimento inocuo (Egas et al., 2010).

Se sabe que el tipo de procesamiento utilizado en un alimento puede afectar la composición de varias maneras en particular, los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante, también puede ejercer un leve cambio o mantener casi intacto sin reducción de estas propiedades (Chan et al., 2009).

Los granos de quinua pueden usarse en la producción de diversos alimentos, así como también se consume de manera similar al arroz cocido, o en sopas, yogures y ensaladas, o molidos como la harina (Jacobsen, 2003; Vega-Galvez, et al., 2010).

### **2.3 Moringa**

La moringa es un árbol originario de la India y en la actualidad se cultiva en todas las regiones tropicales, subtropicales y semiáridas del mundo. Este recurso es un producto con grandes beneficios nutritivos y medicinales y de bajo costo de producción, sirve para prevenir la desnutrición y problemas de salud asociadas a carencias de vitaminas y elementos esenciales en la alimentación.

La especie más conocida es *Moringa oleífera* y su utilidad es de complemento alimenticio. Crece en ambientes con poca disponibilidad de agua, su cultivo intensivo, con irrigación tecnificado y fertilización, aumenta su producción en los rendimientos de biomasa superando 100 toneladas por hectárea (Foidl et al., 2001).

## Figura 2

*Árbol de moringa*



Desde tiempos pasados, todas las partes de *Moringa oleifera* fueron utilizadas por el hombre. Partes del recurso como hojas, flores, frutos y raíces son considerados por su valor nutritivo y son usados en la alimentación humana como en el animal. Las hojas de la moringa son extraordinariamente ricas en vitaminas y aminoácidos, que es recomendable para tratar problemas de desnutrición en niños (Fuglie, 2001).

### **2.3.1 Moringa en la alimentación humana**

Todas las partes de la planta tienen uso para la alimentación. Las hojas, flores, frutos, raíces y el aceite son altamente apreciados por su gran valor nutricional y se utilizan para la elaboración de diferentes platos en la India, Indonesia, Filipinas,

Malasia, el Caribe y en varios países africanos (Foidl et al., 2001; Ghazali y Mohammed, 2011).

Las hojas de esta planta tienen elevado contenido de vitaminas, provitaminas y micronutrientes (Magaña, 2012). Está demostrado que contienen todos los aminoácidos esenciales para una adecuada alimentación, incluyendo como la arginina y la histidina, que se encuentran principalmente en proteínas de fuente animal y son importantes para el desarrollo de los infantes. Por este motivo, en la última década la FAO (2017) promovió y desarrolló un programa para la utilización de moringa dirigido a la población infantil con altos índices de desnutrición, así como también para las madres gestantes y lactantes (Fuglie, 2001).

### **2.3.2 Actividad antioxidante**

Estudios experimentales in vitro evidenciaron que los extractos de las hojas, los frutos y las semillas de moringa, por sus propiedades antioxidantes, resguardan las células vivas del daño oxidativo del ADN que es asociado con el envejecimiento, el cáncer y las enfermedades degenerativas (Singh et al., 2009); y se propuso a la *Moringa oleífera* como una materia prima ideal para las industrias nutracéutica y alimentos funcionales.

### **2.3.3 Importancia nutricional**

El análisis nutricional refiere que las hojas de moringa proveen nutrientes esenciales que evitan enfermedades en los consumidores. Además, contienen todos los aminoácidos esenciales (Tabla 4), lo que es poco común en una planta.



Las hojas secas contienen grandes cantidades de varios nutrientes, con excepción de la vitamina C (Balbir, 2005).

En la tabla 3 se muestra el contenido nutricional de las hojas de la moringa.

**Tabla 3**

*Análisis proximal de las hojas frescas de la planta de moringa*

Analisis proximal	Hojas frescas
Humedad (%)	79,72
Proteínas (%)	11,14
Grasa (%)	1,46
Fibra (%)	4,94
Cenizas (%)	2,12
Carbohidratos (%)	5,52
Energia (Kcal/100 g)	207,42
Calcio (mg/100 g)	22,32
Potasio (mg/100 g)	11,84
Hierro (mg/100g)	24,26
Vitamina C (mg/100 g)	109,3

**Nota.** Fuente: Martinez (2008).

En la moringa sus hojas son consideradas como parte del vegetal con más alto valor nutricional, que posee un elevado contenido de proteínas, vitaminas y minerales, así, como todos los aminoácidos esenciales, lo que es poco frecuente en una sola planta.

Malthur (2005) menciona, que la hoja de moringa tiene un porcentaje por encima del 25% de proteínas, tantos como del huevo, el doble que la leche, cuatro veces más la cantidad de vitamina A que de las zanahorias, cuatro veces por encima de la cantidad de calcio de la leche, siete veces más que la cantidad de vitamina C de las naranjas, tres veces más en potasio que los plátanos, cantidades valiosos de hierro, fosforo y otros elementos.

**Tabla 4***Contenido de aminoácidos de las hojas de moringa/100 g.*

Contenido	Hojas frescas	Hojas secas
Arginina	406,6	1325,0
Histidina	149,8	613,0
Isoleucina	299,6	825,0
Leucina	492,2	1950,0
Lisina	342,4	1325,0
Metionina	117,7	350,0
Fenilalanina	310,3	1388,0
Treonina	117,7	1188,0
Triptófano	107,0	425,0
Valina	345,5	1063,0

**Nota.** Fuente: Balbir (2005).

Según la FAO (2017), las hojas de la moringa son ricas en proteínas, vitaminas y minerales, recomendándose para mujeres embarazadas y lactantes, así, como para niños pequeños (infantes).

**Tabla 5***Vitaminas y minerales de las hojas de moringa/100 g.*

Componentes	Hojas secas (mg)	Hojas frescas (mg)
Caroteno (vitamina A)	18,90	6,78
Tiamina (B1)	2,64	0,06
Riboflavina (B2)	20,50	0,05
Niacina (B3)	8,20	0,80
Vitamina C	17,30	220,0
Calcio	2003,00	440,0
Carbohidratos	38200,00	12500,00
Cobre	0,57	0,07
Grasa	2300,00	1700,00
Fibra	19,20	900,00
Hierro	28,20	0,85
Magnesio	368,00	42,00
Fósforo	204,00	70,00
Potasio	1324,00	259,00
Proteína	27100,00	6700,00
Zinc	3,28	0,16

**Nota.** Fuente: Balbir (2005).

## 2.4 Agave

En el continente americano el agave fue una planta difundida desde muchos siglos atrás por razones alimenticias, religiosas, ornamentales, artesanales y otros usos; por lo que es especulativa su procedencia y áreas geográficas de distribución natural. Según muchos investigadores afirman que México es el lugar de origen de distribución del Agave a los territorios que conforman el continente en épocas prehispánicas, y posteriormente a los demás continentes (Miranda, 2006 como se citó en López, 2013).

Según el Museo de Historia Natural (2012) como se citó en Cervantes y Cuya (2015), el nombre y su clasificación científica es:

Division: Magnoliophyta

Clase: Lilopsida

Subclase: Liliidae

Orden: Liliales

Familia: Agavaceae

Género: Agave

Especie: *Agave americana* L.

Subespecie: Americana

Variedades: *oaxacensis*, *americana*, *expanda*, *margarita*, *medio-picta*, *latifolia*.

### **Figura 3**

*Planta de agave (cabuya)*



#### **2.4.1 Importancia y usos del agave**

El agave se ha explotado desde hace mucho tiempo en diversas partes de América; la mayor cantidad de agave en el país, son de cercas y linderos, siendo en suelos áridos donde se puede hallar en enormes cantidades, sus raíces fuertes evitan la erosión de las zonas áridas.

Según Cervantes y Cuya (2015), los usos que tiene esta planta son: la fibra se utiliza como leña y alimento para ganado; el zumo para fijar colores; para hacer ambientes separados entre las partes de las casas; la hoja como canaleta de agua, también se usa en reemplazo de tejas; en cercas, para dividir terrenos; la punta de la hoja se usa como aguja y las fibras como hilo; las hojas secas sirven como leña. Del agave o cabuya negra se extrae el “chaguarmishque”, cuando se lleva a un proceso de fermentación se le conoce como pulque, siendo bebido por los indígenas. El mismo zumo en estado fresco, es libado como bebida en las comidas

y también sirve para elaborar diferentes dulces y postres. El zumo tratado térmicamente y concentrado da como resultado final miel.

#### **2.4.2 Jarabe de agave**

El Codex alimentario menciona que es un edulcorante de baja viscosidad y soluble por su elevada concentración de fructosa, actúa como barrera al desarrollo de bacterias, levaduras y mohos, conservándose por tiempos prolongados.

La norma NMX-FF-110-SCFI-2008 establece las definiciones siguientes:

- Jarabe de Agave: Es el producto dulce que proviene de la hidrolización de los polímeros del Agave.
- Jarabe de Agave 100 %: Es el producto dulce natural obtenida por una hidrólisis de los oligosacáridos del agave.

En algunos países de América del Sur al agave lo transforman y comercializan en formas diferentes, en Perú el producto conocido como chancaca de cabuya se comercializa en los mercados de Huancavelica, Ayacucho incluyendo Huancayo, este dulce forma parte de un hábito que en la actualidad se conserva. Este producto se obtiene de la concentración del jugo y es adaptado en moldes para su conservación y comercialización.

Los edulcorantes naturales cada vez toman mayor importancia en la dieta de muchas personas, porque aportan energía de buena calidad que los edulcorantes industriales. La miel es un endulzante natural que se obtiene de la savia líquida de la penca del agave, también se obtienen productos fermentados como el tequila, que se trata con temperaturas menores de 40°C para conservar sus propiedades (Reyes, 2011 como se citó en Hernández, 2018).

### 2.4.3 Beneficios del agave

Para Hernández (2018) los beneficios del agave son:

- Reducción de colesterol
- Prevención del estreñimiento
- Prevención del cáncer de colon
- Ayuda en colitis, úlceras
- Regula el funcionamiento tracto intestinal
- Contribuye con microorganismos para beneficio del organismo
- Refuerza el sistema inmunológico.
- Tiene un bajo índice glucémico.
- Evita caries
- Promueve el desarrollo de la flora intestinal por la presencia de bífidos y oligo-fructuosas.
- Sin riesgo de consumo en bebés o mujeres embarazadas.
- Fija la absorción de metales para el ser humano como hierro, calcio y magnesio.
- Produce sensación de saciedad.

Según Hernández (2018), el consumo de productos de agave ayuda a disminuir peso, alivia el estrés, aumenta la sensación de bienestar, aporta energía física y mental, reduce el efecto de envejecimiento y el desgaste mental, promueve y refuerza el sistema inmunitario, mejora el aspecto de la piel como su luminosidad y elasticidad. Pueden consumir los diabéticos porque la fructosa que contiene

mejora su estado de salud, recupera la pérdida de masa muscular, fortalece y mantiene sano a los huesos, reduce colesterol y triglicéridos.

Restaura y regula el sistema digestivo por contener fibra líquida, pro bióticos, lactobacilos, es bueno para el insomnio, nervios, gastritis, ácido úrico, reumatismo y depresión.

Inhibe el desarrollo de bacterias patógenas por contener bifidobacterias. Contiene vitaminas A, B, B<sub>2</sub>, C, fósforo, hierro, proteínas y niacina, que ayuda limpiar y desintoxicar a las venas y arterias.

Es adecuado para los hipoglucémicos porque regula los niveles de insulina. Contiene fibra dietética soluble para mejorar la eliminación de toxinas y grasas, también en la prevención de enfermedades de colon (Reyes, 2011 como se citó en Hernández, 2018).

## **2.5 Proceso de expandidos**

Los granos de cereales se han utilizado durante siglos para la elaboración de alimentos, tratando de disminuir microorganismos indeseables y mejorar su perfil nutricional a través de la inactivación de algunos antinutrientes. El expandido o popeado es una técnica de transformación que no sólo mejora la vida útil, sino que también cocina los granos, les añade sabor y, por tanto, aumenta su aceptabilidad. Esta tecnología implica la explosión del grano, con la consiguiente transformación del cereal, que permite obtener otra variedad de productos, o harinas precocidas para elaborar alimentos (Mishra et al., 2014).

El expandido es un método tradicional muy sencillo, económico y rápido, donde los granos se exponen a altas temperaturas por corto tiempo (HTST), produciendo

un sobrecalentamiento instantáneo dentro de los granos, que cocina al mismo y amplía el endospermo al escapar el vapor de agua con gran fuerza a través de los microporos de su estructura (Nath et al., 2007; Sharma et al., 2014).

Los granos de quinua al ser sometidos a un proceso térmico y por los cambios deliberados de presión y temperatura hacen que ocasione el proceso de expansión (Mujica et al., 2006).

El producto expandido más estudiado y tradicional del mercado son las "palomitas de maíz", las cuales se venden en lugares como cines y estadios deportivos, y se han transformado en una merienda versátil y nutritiva, cada vez más popular (Shimoni et al., 2002; Gokmen, 2004). El aumento del consumo cotidiano se debe a la conveniente utilización del microondas para elaborarlas, como así también a las distintas formas de preparación que ofrecen más sabores, con sal, mantequilla y recubiertas de caramelo. Además, con los cereales expandidos se pueden elaborar bocadillos, alimentos especiales y desarrollar alimentos complementarios (Mishra et al., 2014).

El proceso es la evaporación explosiva de la humedad del interior del grano, teniendo como factores la combinación de presión y temperatura para la expansión del producto alimenticio. La tecnología de expansión por explosión es suministrar calor y alta presión a la humedad que contienen los granos, que las convierten en agua sobrecalentada y están superior al punto de ebullición atmosférica.

Durante este el proceso de explosión, ocurre una "plastización" de los granos de quinua, obteniéndose el producto expandido. Cuando violentamente se produce el cambio brusco de presión por la salida del producto al medio ambiente, el agua



transforma al grano en expandido por efecto del vapor, saliendo con impulso, aumentando la dimensión del producto y concediéndole una estructura porosa (Mujica et al., 2006).

### **2.5.1 Factores que afectan el proceso de expandido**

Existen diferentes métodos para hacer estallar los granos. Para producir el expandido, el método convencional es el de calor seco con aire, como el lecho fluidizado, pero también es posible obtenerlo en aceite caliente y microondas. Cada uno de estos métodos tiene sus condiciones óptimas y rendimientos (Yenagi et al., 2005).

Aunque una amplia variedad de cereales se utiliza para estallar, sólo unos pocos de ellos expanden bien. Esto se debe a que son múltiples los factores que influyen en la capacidad de estallar de los cereales, tales como la variedad, la composición, el contenido de salvado, el grosor del salvado, el contenido de humedad, el tipo y proporción de endospermo córneo, la resistencia del pericarpio, las características físicas de los granos y el método de estallar. Sumado a lo anterior, también influyen las prácticas a las que se han sometido los granos previos a la explosión, ya que los daños en la superficie del mismo afectan al volumen y rendimiento de expansión que puedan alcanzar (Ziegler, 2001; Hoke et al., 2005; Joshi et al., 2014; Pawar et al., 2014).

Existen parámetros físicos que permiten estudiar los granos. Los principales son el peso hectolítrico, peso de mil granos, tamaño, forma, dureza y densidad del grano, así como relación de molienda y flotación (Salazar, 2000). Existen evidencias de que los granos que contienen una elevada proporción de endospermo presentan

una menor densidad aparente (Pedersen et al., 2000). Un mayor peso en hectólitro y densidad aparente de los granos de sorgo se relacionan con una mayor dureza. A la vez, los granos con mayor relación de molienda son duros (ricos en endospermo vítreo) produciendo mayor tamaño de partícula. El porcentaje de granos que flotan en una solución de densidad conocida, es menor cuando poseen altas proporciones de endospermo vítreo (Jambunathan et al., 1992). Con lo cual se espera que mientras más duro es el grano, es decir mayor relación molienda, peso hectolítrico y densidad aparente y menor flotabilidad, mayor será el volumen adquirido del producto expandido (Gokmen, 2004).

La disminución en el volumen y el tamaño de los granos explotados va más allá del contenido de humedad crítico y se puede explicar por la ruptura del pericarpio a cierta temperatura, cuando la presión dentro del núcleo es baja. Con un aumento en el contenido de humedad del núcleo, la temperatura de fusión del pericarpio disminuye, por lo tanto, cuando el contenido de agua es alto, la presión en el núcleo en el momento de estallar es menor, por lo que se genera menor expansión y menor volumen final (Shimoni et al., 2002). Además, la temperatura de transición vítrea de los polímeros amorfos puede influir en la acumulación de presión dentro de los granos. Se sabe que el aumento del contenido de humedad de materiales poliméricos, tales como almidón, proteínas, y polisacáridos no amiláceos, reduce la transición vítrea (Hoseney, 1994). Es posible que, ante un contenido de humedad elevada, las regiones amorfas de los gránulos de almidón en el endospermo se transformen del estado vítreo al estado gomoso. Del mismo modo, los polisacáridos no amiláceos en el pericarpio pueden sufrir tal transición y reducir la acumulación de humedad en el grano. Por otro lado, a menor

contenido de humedad la caída del volumen y el tamaño del expandido pueden ser debido a la falta de presión suficiente para reventar el pericarpio (Gokmen, 2004).

### **2.5.2 Transformaciones del material durante el expandido**

El expandido es un proceso en el que se calientan los granos hasta que la humedad interna se expande y sale a través de la capa exterior (Arkhipov et al., 2005). El pericarpio actúa como un recipiente a presión, manteniendo al vapor de agua sobrecalentado. Cuando éste se rompe, se libera la presión. El vapor sobrecalentado se produce dentro de los granos por calentamiento instantáneo. Esto cocina a los gránulos de almidón y amplía el endospermo mientras escapa con gran fuerza a través de los microporos de la estructura de grano (Hoseney et al., 1983).

Luego de la expansión, a través de microscopía electrónica, se observaron burbujas de aire en el endospermo, con una película de almidón gelatinizado. También se notó que las paredes celulares de las palomitas de maíz fueron completamente destrozadas en fragmentos, algunos de los cuales tenían menos de 1  $\mu\text{m}$  de diámetro. El endospermo harinoso fue ligeramente expandido. Esto verifica que la expansión y la gelatinización de gránulos de almidón desempeñan un papel importante en la formación de la espuma del grano reventado (Parker et al., 1999).

### **2.5.3 Métodos de evaluación del material expandido**

El volumen que adquieren los cereales luego del proceso de expansión se define por unidad de peso de muestra. Es la característica principal de las palomitas de

maíz y el atributo más importante para el consumidor (Ziegler, 2001; Ceylan y Karababa, 2002; Shimoni et al., 2002). Por otra parte, la textura de las palomitas de maíz se correlaciona positivamente con el volumen de expansión (Shimoni et al., 2002).

En el proceso de explosión ("popping"), el volumen es afectado principalmente por el agua contenida en el grano y cuando el contenido de agua es óptimo el volumen es máximo (Shimoni et al., 2002). Este factor es el más crítico, ya que afecta la velocidad de transferencia de calor y la presión que se acumula en los gránulos de almidón (Hoseney et al., 1983). Se ha demostrado que el máximo volumen de expansión se produce con humedades que van de 11,0 a 15,5% (Allred-Coyle et al., 2000; Shimoni et al., 2002). Pero es necesario considerar que la humedad óptima para alcanzar el mayor volumen de expansión depende de la variedad del grano (Lin y Anantheswaran, 1988). Si el contenido de humedad está por debajo o por encima del valor óptimo, la expansión será insatisfactoria (Gokmen, 2004). Metzger et al., (1989) reportaron que, al contenido óptimo de humedad, el aire caliente produce un mayor volumen de expansión de palomitas de maíz que el aceite.

El rendimiento de la expansión es una característica imprescindible a considerar, que relaciona los granos que explotaron con los que no lo hicieron (Sreerama et al., 2008). La correlación de las características intrínsecas con el rendimiento final como medida de calidad puede proporcionar una predicción simple y fiable (Ohnson y Fox, 1991). El rendimiento de los expandidos es una característica de calidad final y se ha transformado en el foco principal de los productores y los programas de mejoramiento de palomitas de maíz. El acondicionamiento a 14%

de humedad en comparación con bajas humedades (8%), permitió obtener los mayores rendimientos, considerándose la humedad óptima (Sweley et al., 2012).

En la ciudad de Ayacucho, la presión atmosférica es 10,58 psi equivalente a 547 mmHg, indicándonos que existe una diferencia de presión entre la costa y nuestro medio, siendo de 4,11 psi; tomándose como referencia el rango de valor de la presión desde 110 hasta 200 psi (Paggi, 2003). Esta condición de proceso en la expansión del grano tiene efecto en el atributo sabor, en la estabilidad durante el almacenamiento del producto, porque en el equipo cañón expansor internamente se llegan a altas temperaturas como 180 °C o mayores.

#### **2.5.4 Requisitos de quinua expandida**

##### **a. Organolépticos (sensoriales)**

Según la Norma Técnica Peruana [NTP] 011.459 (2016), menciona que los productos elaborados y expandidos de quinua tendrán los siguientes requisitos:

- Atributo apariencia: son granos livianos y esféricos.
- Atributo color: según la variedad o ecotipo, característico.
- Atributo aroma: característico de expandidos de granos de quinua.
- Atributo sabor: propio de expandidos y exenta de sabores anómalos o extraños.
- Atributo consistencia: homogéneo sin aglomeraciones de ninguna clase.
- Atributo textura: crocantes y porosos.

##### **b. Físicoquímico**

La Tabla 6 detalla los requisitos físicoquímicos de productos expandidos de granos de quinua.

**Tabla 6***Requisitos fisicoquímicos de expandido de quinua*

Componente	Valores (%)		Método de análisis
	Mínimo	Máximo	
Humedad	-.-	8,5	Por AOAC 945.15
Proteína	4,5		Por ISO 1871, AOAC 992.23
Cenizas		1,2	Por ISO 2171, AOAC 923.03
Grasas		2,5	Por AOAC 945.38

**Nota.** Fuente: NTP 011.459 (2016) como se citó en Huamaní (2019).

## 2.6 Análisis sensorial

La evaluación sensorial es un instrumento de gran importancia para el control de calidad y aceptabilidad de un producto alimento.

El análisis sensorial es una disciplina científica que se utiliza para medir, procesar, evaluar, analizar e interpretar las respuestas de las personas hacia los atributos de calidad de un producto alimenticio como color, olor, sabor, textura y aspecto general, que son las sensaciones organolépticas de aceptación o rechazo de un alimento, siendo el resultado de este proceso de evaluación interpretadas y manejadas estadísticamente para determinar si el producto cumple con la calidad que se requiere.

Este tipo de evaluación es importante para el seguimiento y control del proceso productivo, como adecuación de las materias primas en su elaboración o transformación final, con fines de realizar adaptaciones, modificaciones y tomar acciones correctivas; que nos permite manejar parámetros para obtener resultados que serán evaluados mediante modelos estadísticos (Sancho et al., 2002).

Las tareas fundamentales del análisis sensorial son: identificar, medir, analizar e interpretar los atributos de calidad. Para obtener resultados objetivos es necesario un adecuado diseño experimental y un correcto análisis estadístico.

El uso del análisis sensorial en la industria alimentaria es variado: para el diseño y desarrollo de nuevos productos, en control de calidad de alimentos, así como en la elección del consumidor, entre otros.

En el diseño de nuevos productos se necesita de la adición de aditivos que se asemejan a las características organolépticas que tienen los alimentos en su forma original. Cada alimento contiene ciertas características de capacidad que provocan las sensaciones como: dulce, salado, astringente, etc. durante su consumo, por este motivo se realizan análisis sensoriales para cuantificar su sensación en el consumidor (Badui, 2013).

Las técnicas de la evaluación sensorial se clasifican en dos grupos:

- Pruebas analíticas, que miden o describen con detalle las propiedades organolépticas de un producto alimenticio.
- Pruebas de consumidores, empleadas para analizar las preferencias o medir la satisfacción que les proporciona el alimento.

### **2.6.1 El umbral sensorial**

Los jueces se distinguen por que disponen de cierta sensibilidad a los estímulos, para determinar el grado de un estímulo, consideran las percepciones y no las sensaciones, siendo la medida de la sensibilidad de los probadores el umbral, valor de la cual empiezan a sentirse perceptibles los efectos de un estímulo, es

importante tener en cuenta el umbral porque contribuye a percibir los componentes activos de un alimento, siendo cuatro tipos de umbrales:

- **Umbral de detección:** es la mínima cantidad de moléculas para un estímulo sensorial que produce una sensación.
- **Umbral de reconocimiento o identificación:** es la mínima concentración para un estímulo sensorial que identifica la sensación percibida.
- **Umbral diferencial:** es la diferencia mínima que una persona puede identificar entre dos estímulos, aumentando la intensidad de la sensación.
- **Umbral terminal o límite superior:** es el máximo estímulo en la cual no hay diferencia en la intensidad de la sensación percibida.

Las medidas de los umbrales no son definitivas, varían en función de la sustancia utilizada y de factores que transmite la persona como: hábitos, salud, edad, lugar de procedencia, etc.

### **2.6.2 Propiedades organolépticas y los sentidos del ser humano**

Los sentidos de una persona son el oído, olfato, vista, gusto, tacto. Existen muchos criterios mencionados en la literatura con la importancia de cada una de las características sensoriales en la aceptación de un alimento. Considerando que el análisis sensorial está dado por la combinación de las determinaciones particulares de cada atributo sensorial de un alimento, no obstante, no debe definirse que una propiedad en particular es la que determine la calidad de un alimento; existe una asociación entre ellas, que no permite desestimar el rol de ninguno de estas (Sancho, 2002).



### 2.6.3 Pruebas afectivas usadas en el análisis sensorial

En la literatura se menciona que existen diferentes métodos para llevar a cabo el análisis sensorial, teniendo ventajas y desventajas en cada método. Para cada evaluación en particular se debe utilizar el método más acertado, eficiente, el objetivo de la prueba y la información que desea obtener.

- **Prueba de preferencia:** el panelista o juez lleva a cabo una elección entre productos; las más utilizadas son: comparación pareada que se lleva a cabo entre dos productos con códigos que se muestran a los evaluadores quienes eligen la que prefieren; y de ordenación en la que los productos con códigos se muestran a los panelistas que tienen que distinguirlos en orden de preferencia.
- **Pruebas hedónicas:** son pruebas donde el panelista valora el grado de satisfacción que le produce un alimento con el uso de una escala. Estas pruebas se usan como una herramienta efectiva en el diseño y desarrollo de productos alimenticios y se usan con mayor frecuencia en las investigaciones y empresas debido a que son los clientes o consumidores quienes, convierten un producto en éxito o fracaso.

### 2.6.4 Escala hedónica

Es una lista ordenada de probables respuestas a distintos grados de satisfacción equilibradas alrededor de un valor neutro. El evaluador o consumidor marca la respuesta que mejor percibe sobre el producto. Las respuestas varían en números

enteros, figuras geométricas, etiquetas verbales o figuras con caritas (para estudios con niños).

Las escalas presentan a los panelistas o jueces una descripción de la sensación que les produce la muestra a evaluar, deben incluir un número impar de puntos, y se debe tener un punto central “ni me gusta ni me disgusta” que corresponde a un valor neutral, a éste punto se le fija con la calificación de cero.

A los datos por encima del valor neutral se les asigna valores numéricos positivos, indicando que las muestras son aceptables según el atributo a ser evaluado; mientras, que a los valores por debajo del neutral se les ponderan valores negativos, con calificaciones de no aceptación. Cuando se asigna valores numéricos, facilita los cálculos y nos proporciona como resultado si una muestra es aceptable o no aceptable, cuando se evalúa pocas muestras deben usarse menos puntuaciones, a mayor número de muestras demanda una puntuación más amplia.

En el formato no se muestran los valores numéricos, sólo las descripciones, cuando se tienen varias muestras, cuando existe la probabilidad de que dos o más muestras sean agradables (o sean desagradables) para los panelistas, es imprescindible usar escalas de más de tres puntos. La escala puede ampliarse a cinco, siete o nueve puntos, adicionando diversos grados de gusto o disgusto (Anzaldúa-Morales, 2005).

La escala hedónica más utilizada es de 7 puntos que produce datos discretos. Se usa para evaluar a nivel de laboratorio la aceptación o no aceptación del alimento. Se pide al panelista que luego de su primera percepción responda cuánto le agrada o desagrada el producto, esto lo informa en función a una escala numérica que va en la ficha (Anzaldúa-Morales, 2005).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de ejecución**

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de tecnología de alimentos y análisis de alimentos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga con fines de evaluar las propiedades físicas y sensoriales del producto expandido, y la parte experimental en la Empresa PROCON S.R.L. ubicado en la Asociación Basilio Auqui Mz. G1 Lote 1 de la ciudad de Ayacucho.

#### **3.2 Tipo y nivel de investigación**

Fue de tipo aplicativo, de nivel explicativo y experimental, controlando las variables independientes que fueron controladas deliberadamente. El estudio tuvo como propósito, establecer parámetros propicios para obtener el expandido de quinua blanca Junín con harina de moringa y jarabe de agave. El diseño estadístico de la investigación fue bifactorial debido a que se tuvieron dos variables independientes en el proceso de expansión de la quinua.

### **3.3 Población y muestra**

La población estuvo conformada por los granos expandidos de *Chenopodium quinoa* Willd. producidos en cantidad de 20 kg, y la muestra para la investigación se tomó por muestreo aleatorio la cantidad suficiente (9 kg) para la investigación.

### **3.4 Materia prima**

La materia prima empleada fue quinua de la variedad blanca Junín, como quinua perlada (libre de saponina) y clasificada, se utilizó 10 kg que fue adquirida de la empresa Cereales de Vida Orgánicos & Exportación S.A.C. de la ciudad de Ayacucho ubicado en Jr. Javier Heraud N° 898 distrito de San Juan Bautista.

### **3.5 Insumos, materiales y equipos**

#### **3.5.1 Insumos**

- Harina de moringa
- Jarabe de agave

#### **3.5.2 Materiales**

- Vasos precipitados de 100 y 250 mL marca pirex
- Probetas de 100 y 250 mL marca pirex
- Pinza
- Placa petri
- Recipientes de acero inoxidable de 5 L
- Tamices #12 (1,7 mm) y #10 (2 mm)

- Malla de acero inoxidable
- bolsas trilaminados de papel kraft con fuelle, zipper y ventana.
- Etiquetas
- Envases de plástico de polietileno 7x9
- Plumón de tinta indeleble
- Platos descartables de tecnopor
- Formatos para análisis sensorial

### **3.5.3 Equipos**

- Estufa electrónica Memmert – CIMATEC S.A., Made in Germany, rango de temperatura 30 – 200 °C
- Balanza analítica, marca OHAUS, modelo AS200, serie 3526 USA de capacidad 200 g.
- Balanza digital marca DENVER, APX – 153, Max 150 g; d=0,001 g.
- Balanza gramera digital marca KAMBOR, capacidad 10 kg y sensibilidad 1 g.
- Expansor marca Japan Elefante, Modelo ECF 1500-19 AF. Capacidad máxima 1 kg.
- Soplete con gas propano (GLP)
- Mezcladora marca Fabrimaq con paletas de acero inoxidable modelo MV 50, con batea de acero inoxidable AISI 304.
- Secador solar con bandejas.
- Selladora de bolsa continua FRM – 980 Marca ERICKOM.

## **3.6 Metodología experimental**

### **3.6.1 Elaboración de grano expandido de quinua**

A continuación, se describe las operaciones correspondientes para la elaboración de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave; se realizaron según las operaciones de la figura 4.

**Quinua:** A la materia prima perlada, se determinó la humedad (13%) con el propósito de verificar la cantidad de agua necesaria para su acondicionamiento.

**Pesado:** Según capacidad del equipo se trabajó con 1 kg de quinua.

**Acondicionamiento:** La materia prima fue acondicionado a una humedad de 17%.

**Alimentación:** Se llevó a cabo con un embudo de acero inoxidable al cañón expansor que estaba precalentado, luego se procedió a cerrar herméticamente.

**Calentamiento:** Se calentó la cámara del cañón expansor con un soplete conteniendo los granos de quinua, girándola constantemente hasta la presión de 180 PSI.

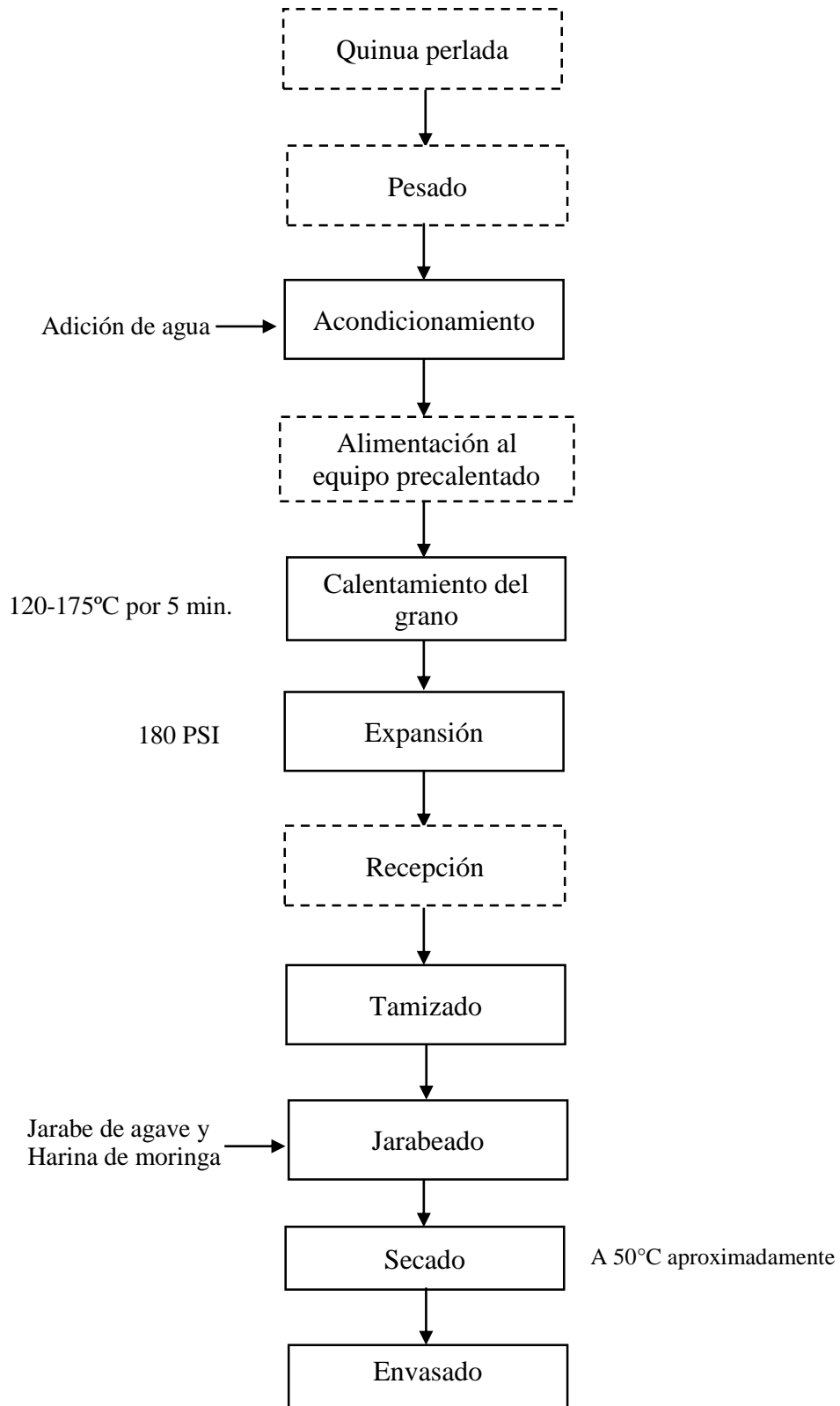
**Expansión:** Cuando se llegó a la presión establecida, se abrió inmediatamente la tapa del equipo expansor generando que los granos se expandan de manera explosiva por la volatilización repentina de la humedad interna y la disminución de presión (de 180 PSI a 10,48 PSI presión de Ayacucho).

**Recepción:** Se llevó a cabo en malla para amortiguar la caída de los granos expandidos.

**Tamizado:** Se tamiza con la finalidad de eliminar las cáscaras, granos expandidos quebrados, polvillos, granos quemados, granos de menor tamaño, obteniendo granos expandidos de tamaño uniforme.

**Figura 4**

*Diagrama de flujo para la elaboración de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave*



**Jarabeado:** previamente se mezcló el jarabe de agave con niveles de 10% y 15% con harina de moringa con niveles de 2%, 4% y 6% para luego jarabear mediante un rociado a la quinua expandida.

**Secado:** en secador solar de cabina con bandejas a temperatura de 50°C hasta humedad de 4 a 6%.

**Envasado:** El producto expandido con la adición de harina de moringa y jarabe de agave se envasó en bolsas trilaminados de papel kraft con fuelle, zipper y ventana, para almacenar y posterior traslado para los respectivos análisis.

### 3.6.2 Análisis de propiedades físicas

**a. Índice de Expansión:** Es la relación de las unidades de volumen que ocupan los granos sin llevar a cabo la expansión y el volumen que ocupan los granos expandidos según la ecuación (Tacora et al., 2010).

$$\text{I.E.} = \text{Volumen final (grano expandido)} / \text{Volumen inicial (grano sin expandir)}$$

**b. Humedad:** Se determinó por el método de la estufa a 105°C hasta peso constante, según la Association Official Agricultural Chemists [A.O.A.C.] (2019).

**c. Densidad:** La densidad aparente se determinó midiendo la masa del grano contenida en un volumen conocido (probeta), con una balanza analítica. Las pruebas se realizaron por triplicado; el cálculo fue con la siguiente fórmula (Figura & Teixeira, 2007):

$$\rho_{\text{aparente}} = \text{masa (kg)} / \text{volumen (m}^3\text{)}$$



#### d. Rendimiento

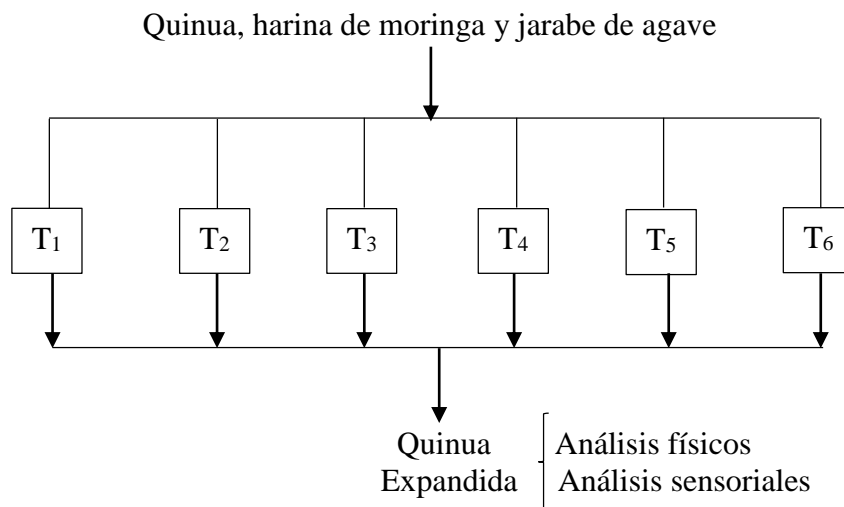
Se determinó en función al peso del producto expandido con relación a una muestra del grano sin expandir expresado en porcentaje según Sucari (2003).

### 3.7 Esquema experimental

La investigación comprendió ensayos experimentales de quinua expandida con adición de harina de moringa y jarabe de agave para determinar las características físicas y sensoriales como se presenta en la Figura 5.

#### Figura 5

*Esquema experimental del efecto de harina de moringa y jarabe de agave en quinua expandida.*



Nota: T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub> son los tratamientos

#### Variabes en estudio

#### Variabes independientes:

X<sub>1</sub>: Harina de moringa

X<sub>2</sub>: Jarabe de agave

**Niveles:**

X<sub>1</sub>: 2, 4 y 6%

X<sub>2</sub>: 10 y 15%

**Variables dependientes:**

Y<sub>1</sub>: Índice de expansión

Y<sub>2</sub>: Humedad

Y<sub>3</sub>: Rendimiento

Y<sub>4</sub>: Densidad aparente

Y<sub>5</sub>: Características organolépticas

**Unidades y atributos:**

Y<sub>1</sub>: Porcentaje

Y<sub>2</sub>: Porcentaje

Y<sub>3</sub>: Porcentaje

Y<sub>4</sub>: kg/m<sup>3</sup>

Y<sub>5</sub>: Color, sabor y aceptabilidad

**3.8 Diseño y análisis estadístico**

Para el análisis de las características físicas de la quinua expandida se utilizó el diseño completo al azar (DCA) con un arreglo factorial de 3\*2 con 3 réplicas a un nivel de significancia de 5% ajustado al siguiente modelo aditivo lineal:

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

i = 1, 2 y 3  
j = 1 y 2  
k = 1, 2 y 3

Donde:

$Y_{ijk}$  = Observación de la respuesta que corresponde al i-ésimo porcentaje de harina de moringa, j-ésimo porcentaje de jarabe de agave evaluado en la k-ésima repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo porcentaje de harina de moringa.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo porcentaje de jarabe de agave.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la combinación correspondiente al i-ésimo porcentaje de harina de moringa y j-ésimo porcentaje de jarabe de agave.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

Para procesar los resultados se tuvo en cuenta el análisis de varianza (ANOVA), con un 5% de nivel de significancia y la prueba de comparación de Duncan ( $p \leq 0,05$ ), para determinar si hubiere diferencias en los seis tratamientos. Se trabajó con el programa estadístico SPSS versión 26 e InfoStat.

### **3.9 Análisis sensorial**

Los seis tratamientos fueron sometidos a análisis sensorial a través de una prueba afectiva, con uso de una escala hedónica valorada en 7 puntos, participaron 15 jueces como panelistas semi-entrenados que evaluaron el color, sabor y aceptabilidad utilizando el método de Lawless y Heymann (2010).

El método estadístico que se utilizó para el procesamiento y análisis de los resultados fue el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con ( $p \leq 0,05$ ), posteriormente sometidos a la prueba de comparación de medias de Duncan con la finalidad de determinar cuál o cuáles de los tratamientos tiene o tienen mayor grado de percepción sensorial. El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Respuesta en el j-ésimo panelista del i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Promedio global

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo panelista

$\varepsilon_{ijk}$  = Error aleatorio

### **3.10 Composición química proximal de la quinua expandida**

Fue realizada por la Certificadora de calidad Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. que determinó: humedad, grasa, proteína, ceniza, fibra y carbohidratos.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Evaluación de las características físicas de la quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave.**

Para la evaluación se elaboraron los productos según la fig. 4, los tratamientos en estudio tuvieron como factores harina de moringa y jarabe de agave y la interacción de dichos factores con la finalidad de realizar el proceso y análisis de los resultados mediante la estadística inferencial con los programas estadísticos SPSS V. 26 e InfoStat, se hizo el análisis de variancia (ANOVA) y las pruebas de comparación de medias de Duncan.

#### **4.1.1 Índice de expansión**

Los resultados de índice de expansión se muestran en el Anexo 1, los datos obtenidos fueron procesados según se muestra en la siguiente Tabla.

**Tabla 7***Análisis de variancia para el índice de expansión en los tratamientos*

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Moringa	0,608	2	0,304	20,031	0,000
Jarabe	0,302	1	0,302	19,872	0,001
Moringa * Jarabe	0,481	2	0,240	15,836	0,000
Error	0,182	12	0,015		
Total corregido	1,572	17			

C.V. = 2,09

Del análisis e interpretación de los datos procesados se confirma que, al nivel de 5 % de significancia, difieren los factores harina de moringa y jarabe de agave, así como también en la interacción de ambos factores; para determinar cuál de los tratamientos tiene mejores resultados se realizó la prueba de Duncan según la siguiente tabla:

**Tabla 8***Prueba de Duncan para el índice de expansión de los tratamientos*

Moringa (%)	Jarabe de agave (%)	Tratamientos	Medias	Subconjunto
4	15	T <sub>4</sub>	6,19	a
4	10	T <sub>3</sub>	6,04	a
2	10	T <sub>1</sub>	6,02	a
6	10	T <sub>5</sub>	5,99	a
2	15	T <sub>2</sub>	5,74	b
6	15	T <sub>6</sub>	5,34	c

Los valores de la tabla 8 afirman que existen diferencias significativas en los índices de expansión de muestras de quinua expandida de los tratamientos estudiados debido a la interacción de harina de moringa y jarabe de agave. Los

tratamientos T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>5</sub> no se superan estadísticamente, pero tiene mayor índice de expansión que los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>6</sub>.

El índice de expansión es un parámetro que permite observar el incremento del tamaño de grano por efecto de la expansión.

La evaluación de los procesos de expandidos mediante la presión y humedad de los pseudocereales está en relación directa con el índice de expansión que determina las propiedades del producto final. Los productos expandidos deben tener características adecuadas para ser aceptados por los consumidores. Una expansión mayor y baja densidad son atributos más deseados para los productos de expansión (Luyten et al., 2004).

El índice de expansión tuvo un rango entre 5,34 a 6,19 donde los tratamientos con harina de moringa y jarabe de agave dieron como resultado un mayor índice de expansión.

El máximo índice de expansión fue mayor comparado con estudios de quinua de variedad Cherry Vanilla que tuvo un valor de 1,67 (Kowalski et al., 2016) y los estudios en quinua que mencionaron un valor de 3,8 según (Dogan & Karwe, 2003).

El efecto de la variación se debe a la variedad, lugar de procedencia, tipo de cultivo, composición química de la quinua, en particular por la fibra insoluble (Alam et al., 2014). Según Kirjoranta et al. (2012) el elevado contenido de fibra insoluble no favorece la expansión, por que tienden a retener agua durante el proceso de calentamiento, reduciendo el vapor de agua. También, tienden a ser rígidas en comparación con polímeros de almidón, y puede impedir la expansión (Ganjyal et al., 2004).

De acuerdo a los resultados de Duncan, el mejor índice de expansión fue con porcentaje de harina de moringa 4% y jarabe de agave 15%, estos resultados indican que a partir de este pseudocereal se pueden desarrollar productos expandidos de calidad aceptable.

Las interacciones entre proteínas y la formación de enlaces disulfuro intermoleculares entre proteínas hacen que la expansión aumente (Mahasukhonthachat et al., 2010; Nithaya et al., 2016).

El índice de expansión puede ser sustentada por un menor contenido de almidón y una cantidad de proteína significativa del producto expandido (Delcour, 2010).

#### 4.1.2 Humedad

Los resultados de la humedad de la quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave se muestran en el Anexo 2, cuyos datos procesados se indican en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Análisis de variancia de humedad de las quinuas expandidas*

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Moringa	0,971	2	0,485	13,713	0,001
Jarabe	0,042	1	0,042	1,188	0,297
Moringa * Jarabe	0,127	2	0,064	1,798	0,207
Error	0,425	12	0,035		
Total corregido	1,565	17			

C.V. = 3,82

De la tabla 9 se afirma que, a un nivel de significancia del 5 %, existe diferencias significativas para el factor harina de moringa y en el factor jarabe de agave y en



la interacción de los factores no existen diferencias significativas; para determinar cuál de los tratamientos tiene menor humedad se realizó la prueba de Duncan según la tabla 10:

**Tabla 10**

*Prueba de Duncan para la humedad de los tratamientos*

Moringa (%)	Jarabe de agave (%)	Tratamientos	Medias	Subconjunto	
6	10	T <sub>5</sub>	5,17	c	
6	15	T <sub>3</sub>	5,11	c	b
2	15	T <sub>2</sub>	5,04	c	b
2	10	T <sub>1</sub>	5,02	c	b
4	15	T <sub>4</sub>	4,77		b a
4	10	T <sub>3</sub>	4,44		a

De la tabla anterior se afirma que los tratamientos en estudio no difieren en la humedad, los tres grupos homogéneos según la alineación del subconjunto, las mismas letras indican que no se superan estadísticamente entre los tratamientos, pero como hay tres columnas los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> tienen menor humedad que los demás tratamientos, debido a que los expandidos tuvieron como parte del proceso los parámetros o variables independientes con poca variación en el porcentaje de adición de harina de moringa y jarabe de agave.

Para comercializar los cereales expandidos deben poseer humedades bajas con fines de inhibir la acción de microorganismos, manteniendo estable sus características de calidad.

Según la NTP 011.459 el expandido que se obtuvo en el presente trabajo, cumple con este parámetro de humedad con rango de 4,44 hasta 5,17 %, encontrándose dentro del valor máximo permisible de la humedad en expandidos de quinua que es de 8,5%.

El dato es fundamental porque la humedad es un factor que hace modificar el índice de expansión, según Huamaní (2019) los granos de quinua a diferentes tratamientos con respecto a la humedad, mejoran su índice de expansión, incrementando su tamaño inclusive hasta en 9 veces.

Los valores obtenidos en el trabajo de investigación aseguran la estabilidad del producto expandido en el almacenamiento y comercialización, porque a dichos niveles no se desarrollan los microorganismos como las bacterias, levaduras ni mohos, lo que también mejora la crocancia y palatabilidad del producto expandido.

#### 4.1.3 Densidad

Los resultados de la densidad aparente de los tratamientos de quinua expandida, se aprecian en el Anexo 3. La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza.

**Tabla 11**

*Análisis de variancia para la densidad aparente en los tratamientos*

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Moringa	265,990	2	132,995	10,346	0,002
Jarabe	12,920	1	12,920	1,005	0,336
Moringa * Jarabe	16,671	2	8,336	0,648	0,540
Error	154,252	12	12,854		
Total	123376,833	18			
Total corregido	449,833	17			

C.V. = 4,34

De la Tabla 11, el ANOVA reporta que el factor harina de moringa tiene influencia en la densidad aparente, es decir que existe diferencias estadísticamente significativas en la variable respuesta para un nivel de significancia de 5 %. Para el factor jarabe de agave y la interacción de los dos factores no hay diferencias significativas en la variable respuesta; las comparaciones por la media de Duncan determinan si existe variabilidad en la densidad aparente por más que no haya significancia en los dos factores e interacción de los dos factores, lo cual es un análisis específico que nos ilustra el efecto de los niveles de harina de moringa y los niveles de jarabe de agave.

**Tabla 12**

*Prueba de comparación de Duncan de densidad aparente*

Moringa (%)	Jarabe de agave (%)	Tratamientos	Medias	Subconjunto		
6	15	T <sub>6</sub>	88,82	d		
6	10	T <sub>5</sub>	85,47	d	c	
4	15	T <sub>4</sub>	84,38	d	c	b
4	10	T <sub>3</sub>	81,63		c	b a
2	10	T <sub>1</sub>	78,26			b a
2	15	T <sub>2</sub>	77,26			a

De la tabla según la posición de los resultados se afirma que los tratamientos en estudio no difieren en la densidad aparente, identificándose cuatro grupos homogéneos según la alineación del subconjunto, las mismas letras indican que no se superan estadísticamente entre los tratamientos, pero como hay cuatro columnas los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> tienen menor densidad aparente así como también el T<sub>4</sub>, debido a que los expandidos tuvieron como parte del proceso la inclusión de harina de moringa y jarabe de agave.

La densidad aparente es una medida que indica la expansión de los productos insuflados en todas las direcciones y está directamente asociado con el grado de inflado (Altan et al., 2009). Es una característica de calidad que se vigila para garantizar la calidad de los expandidos.

Los valores de densidad aparente en los tratamientos muestran un rango de 77,20 a 88,22 g/cm<sup>3</sup> respectivamente; las muestras tratadas con cañón expansor indican una adecuada densidad. Según Brennan et al. (2008) la disminución de la densidad puede ser debido a una reducción en la gelatinización del almidón y a la presencia de fibra.

La quinua expandida de la variedad Blanca Junín tiene apropiada densidad aparente; las variaciones mostradas se deben al tamaño de los pseudocereales, la forma y a la adición de harina de moringa y jarabe de agave.

Sin embargo, comparando entre los valores obtenidos en el trabajo, los que fueron tratados con menor porcentaje de moringa y jarabe de agave se encuentran por rangos inferiores, debido a que la inclusión de aire reduce la densidad del producto, que está directamente relacionada con el contenido de sólidos totales, es sabido que los granos expandidos se expenden por volumen más que por peso.

Los granos de densidad mayor tienen más cantidad de nutrientes y la inclusión de harina de moringa y jarabe de agave favorece que sea deseable para el consumidor.

#### **4.1.4 Rendimiento**

La Tabla 13 muestra el análisis de varianza para el rendimiento de las quinuas expandidas.

**Tabla 13***Análisis de variancia para el rendimiento de los tratamientos*

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Moringa	0,266	2	0,133	0,126	0,883
Jarabe	62,608	1	62,608	59,323	0,000
Moringa * Jarabe	4,453	2	2,227	2,110	0,164
Error	12,665	12	1,055		
Total corregido	79,992	17			

C.V. = 1,44

La información que proporciona la tabla anterior, afirma que existen diferencias significativas (sig. < 0,05) en el factor jarabe de agave. Para el factor harina de moringa y la interacción de los dos factores no hay diferencias en el rendimiento, mediante las comparaciones por la media de Duncan se determinaron si existe diferencias en la variable respuesta, siendo un análisis de pares de medias.

La siguiente tabla muestra los resultados de Duncan al 5% de nivel de significancia para los tratamientos en estudio.

**Tabla 14***Comparación de medias por Duncan del rendimiento de los tratamientos*

Moringa (%)	Jarabe de agave (%)	Tratamientos	Medias	Subconjunto
6	15	T <sub>6</sub>	73,75	a
4	15	T <sub>4</sub>	73,70	a
2	15	T <sub>2</sub>	72,41	a
2	10	T <sub>1</sub>	70,09	b
6	10	T <sub>5</sub>	69,29	b
4	10	T <sub>3</sub>	69,28	b

Según el análisis de los datos de la tabla 14, se afirma para una inferencia estadística que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio

en el rendimiento; donde los tratamientos T<sub>6</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>2</sub> superan estadísticamente a los demás tratamientos en estudio.

El rendimiento de expandido a la presión de 180 PSI, hace que el pericarpio cause la explosión del almidón gelatinizado del pseudocereal, debido al aumento de la presión interna por la evaporación del contenido de humedad por efecto de la temperatura.

## 4.2 Análisis sensorial

Es el análisis de los atributos de calidad que determinó si los tratamientos en estudio tienen aceptabilidad o preferencia en el consumidor, teniendo como referencia el efecto que tuvo la harina moringa y el jarabe de agave en la prueba afectiva mediante escala hedónica de las quinuas expandidas.

### 4.2.1 Color

En las Tablas 15 y 16 se observan los resultados del análisis estadístico para el atributo color, que fueron evaluados por los panelistas cuyas valoraciones se muestran en el anexo 6.

**Tabla 15**

*Análisis de variancia del atributo color de las quinuas expandidas*

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Panelistas	5,933	14	0,424	1,180	0,310
Tratamientos	26,533	5	5,307	14,780	0,000
Error	25,133	70	0,359		
Total corregido	57,600	89			

C.V. = 13,02

Los valores del análisis de variancia para un nivel de significancia (sig. < 0,05), aseguran que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio. Para determinar las diferencias estadísticas los resultados fueron procesados mediante la prueba de comparación de promedios de Duncan para el atributo color.

**Tabla 16**

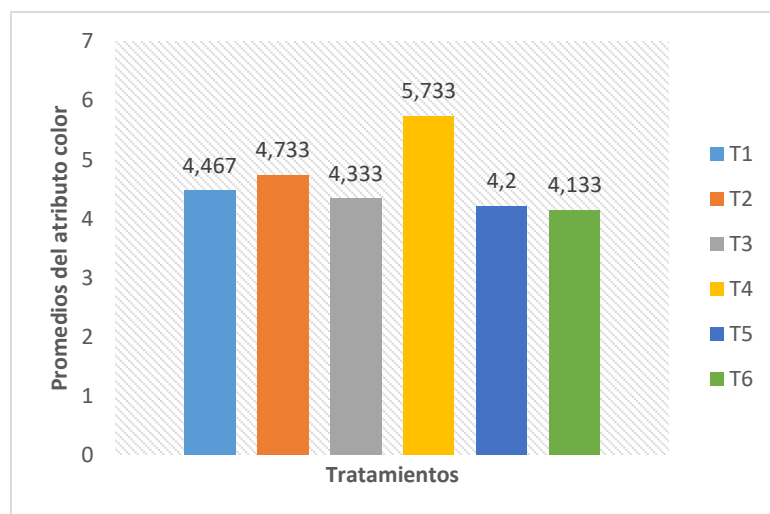
*Prueba de medias por Duncan para el atributo color*

Tratamientos experimentales	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	15	4,1333 <sup>c</sup>		
5	15	4,2000 <sup>c</sup>		
3	15	4,3333 <sup>c</sup>	4,3333 <sup>b</sup>	
1	15	4,4667 <sup>c</sup>	4,4667 <sup>b</sup>	
2	15		4,7333 <sup>b</sup>	
4	15			5,7333 <sup>a</sup>

Según la Tabla existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, la cantidad de harina de moringa al 4% y jarabe de agave al 15% (T<sub>4</sub>), supera estadísticamente a los demás tratamientos con un promedio de 5,7333 en valor evaluado a las quinuas expandidas, corroborándose en la Figura 8 donde se visualiza el comportamiento de los panelistas en el atributo color.

**Figura 6**

*Atributo color de las quinuas expandidas a diferentes tratamientos*



El color de las quinuas expandidas fue determinante, ya que los panelistas analizaron los productos que reflejaban un atractivo externo para juzgar según los formatos presentados.

El color de los alimentos es debido a su composición, a los diferentes pigmentos que contiene o a las interacciones que se llevan a cabo, cuando se realiza la mezcla de la harina de moringa con jarabe de agave tiende a colorearse según la pigmentación de la moringa que contribuye al color final en la parte externa de los gránulos de quinua expandida, mejorando su atractivo y conservación por la fijación con el jarabe de agave.

Badui (2013) manifiesta, que los alimentos tanto en forma natural como procesada, presentan un color característico y bien definido mediante el cual el consumidor los identifica; cualquier cambio que éste sufra puede causar el rechazo de los productos.

Muchos alimentos, como los vegetales presentan colores muy resaltantes de diferentes tonalidades, algunos de ellos tienen pigmentos estables a altas temperaturas permanecen en las preparaciones de alimentos para tener mejor presentación y ser atractivos para su consumo.

#### **4.2.2 Sabor**

La Tabla 17 muestra el análisis estadístico para el atributo sabor.



**Tabla 17***Análisis de variancia del atributo sabor de las quinuas expandidas*

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Panelistas	2,622	14	0,187	0,434	0,958
Tratamientos	42,489	5	8,498	19,711	0,000
Error	30,178	70	0,431		
Total corregido	75,289	89			

C.V. = 11,77

Según los datos para un nivel de significancia de 5% se afirma que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio.

Para determinar cuál o cuáles de los tratamientos superan a los demás tratamientos, se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan.

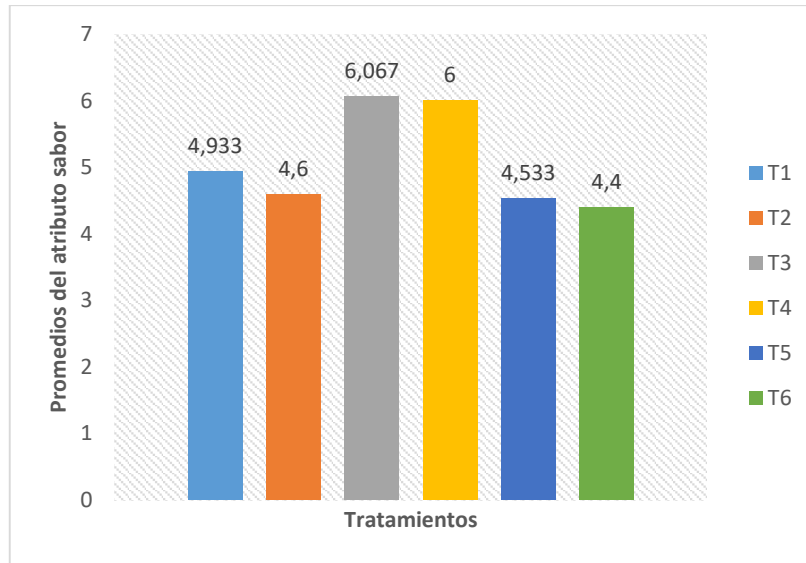
**Tabla 18***Prueba de medias por Duncan para el atributo sabor*

Tratamientos experimentales	N	Subconjunto		
		1	2	3
6	15	4,4000 <sup>c</sup>		
5	15	4,5333 <sup>c</sup>	4,5333 <sup>b</sup>	
2	15	4,6000 <sup>c</sup>	4,6000 <sup>b</sup>	
1	15		4,9333 <sup>b</sup>	
4	15			6,0000 <sup>a</sup>
3	15			6,0667 <sup>a</sup>

La Tabla anterior nos muestra que los tratamientos con harina de moringa al 4% y jarabe de agave al 15% (T<sub>4</sub>) y harina de moringa al 4% con jarabe de agave al 10% (T<sub>3</sub>) superan estadísticamente a los demás tratamientos, obteniéndose valores cercanos entre los dos tratamientos, contrastándose esa superioridad en la figura 9.

**Figura 7**

*Sabor de las quinuas expandidas a diferentes tratamientos*



El sabor como atributo de un producto alimenticio es importante dentro del análisis sensorial para los jueces o panelistas, ya que los tratamientos como muestras de los productos elaborados definen el agrado a desagrado, y, proyecta la conformidad y desarrollo que puede tener el producto.

Los resultados concuerdan con lo expresado por Vásquez (2004), quién menciona que, la formulación de recetas elaboradas a base de *Moringa oleífera* con porcentajes menores al 15%, constituye una alternativa para incrementar el valor nutritivo de las preparaciones alimenticias consumidas por las personas sin afectar el sabor de éstas. Lowell (1999) menciona, que las hojas deshidratadas pulverizadas pueden incluirse en diferentes preparaciones alimenticias sin interferir en el sabor y gusto de la preparación. Esto se debe a que a pesar de que la harina moringa sea nutritiva las personas no la consumirían si no tiene un sabor

agradable es por ello que se adiciona en un 4% a la quinua expandida para mantener su sabor en el producto final.

La detección del sabor depende de la interacción tanto del sentido del gusto como del olfato, además por la combinación con otros atributos sensoriales tales como la textura, el color y la temperatura (Breslin & Spector, 2008).

Sin embargo, vale la pena mencionar nuevos atributos que se están teniendo en cuenta en los últimos trabajos y que influyen de forma significativa en la detección de los sabores como pueden ser la presentación y el material utilizado para la degustación y la atmósfera donde se lleva a cabo (Spence, 2013).

Para tener la aceptabilidad del sabor en los panelistas, también influyó el porcentaje de jarabe de agave por conferirle ciertas características de dulzor al producto y enmascarar en algo al sabor de la moringa.

#### 4.2.3 Aceptabilidad

Es la suma de todos los atributos de calidad en donde los panelistas determinan cuál de los tratamientos tiene mejores resultados.

La tabla 19 muestra el análisis de variancia de aceptabilidad de las quinuas expandidas con harina de moringa y jarabe de agave.

**Tabla 19**

*Análisis de variancia de aceptabilidad de las quinuas expandidas*

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Panelistas	4,267	14	0,305	0,838	0,627
Tratamientos	53,867	5	10,773	29,613	0,000
Error	25,467	70	0,364		
Total corregido	83,600	89			

C.V. = 11,82

Los valores de la inferencia estadística para un nivel de significancia de 5%, muestran que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, para lo cual se llevó a cabo la prueba de comparación de medias de Duncan que se muestra en la tabla 20.

**Tabla 20**

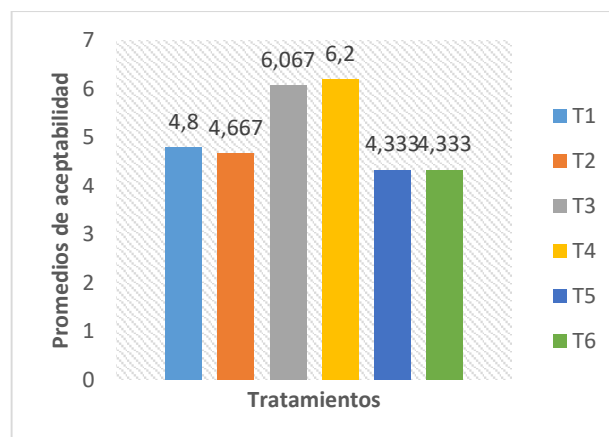
*Prueba de medias por Duncan para la aceptabilidad*

Tratamientos experimentales	N	Subconjunto	
		1	2
5	15	4,3333 <sup>b</sup>	
6	15	4,3333 <sup>b</sup>	
2	15	4,6667 <sup>b</sup>	
1	15	4,8000 <sup>b</sup>	
3	15		6,0667 <sup>a</sup>
4	15		6,2000 <sup>a</sup>

Analizando el efecto de la harina de moringa y jarabe de agave mediante la prueba de Duncan, existen diferencias significativas entre las muestras de los tratamientos de las quinuas expandidas, donde el tratamiento (T<sub>3</sub>) con 4% de harina de moringa y 10% de jarabe de agave y tratamiento (T<sub>4</sub>) 4% de harina de moringa con 15% de jarabe de agave, superan estadísticamente a los demás tratamientos, verificándose en la figura 10.

**Figura 8**

*Aceptabilidad de las quinuas expandidas a diferentes tratamientos*



La aceptabilidad engloba a los atributos subjetivos: color, olor, sabor, apariencia y textura, donde se manifiesta la actitud positiva que se tiene del producto para ser considerado como un alimento con las condiciones adecuadas para su consumo.

Las pruebas de aceptación también se conocen como de nivel de agrado, siendo un componente valioso y necesario de todos los programas sensoriales, se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores y según su tipo permiten medir cuánto agrada o desagrade dicho producto (Ramírez, 2012).

En consecuencia, se elige a la mejor quinua expandida con 4% de harina de moringa y 15% de jarabe de agave (T<sub>4</sub>) por tener mejores atributos de color, sabor y conferirle la aceptabilidad.

### 4.3 Composición químico proximal

Los resultados de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave se detallan en la Tabla 21.

**Tabla 21**

*Composición proximal de expandido de quinua con harina de moringa y jarabe de agave*

Análisis en %	Quinua expandida
Humedad	4,58
Proteína	11,25
Grasa	2,19
Fibra	0,92
Ceniza	2,89
Carbohidratos	78,17
Energía (kcal/100 g)	377,39

**Nota.** Fuente: Certificadora Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. (2021)

De la Tabla 21 se afirma que, los carbohidratos son los macronutrientes en mayor cantidad, seguido de los demás componentes. La humedad mostró valor que garantiza la conservación y estabilidad del producto, ya que a menor actividad de agua no hay proliferación de microorganismos que le da calidad sanitaria. Por otro lado, el contenido de proteína tuvo un descenso en los granos sometidos al cañón expansor debido a la presión y temperatura elevada que fueron expuestos. El contenido de ceniza es mínimo presentó una cantidad apreciable en el producto procesado, debido al desprendimiento de la cáscara de los granos de quinua. Los macronutrientes de la quinua han impulsado a la búsqueda de valor agregado, evitando la pérdida de las características que confieren al grano. Los resultados tienen una variación leve en comparación con la NTP 011.459 (2016) donde menciona valores mínimos y máximos de los macronutrientes y micronutrientes.

La variación del valor nutricional se explica por los factores agronómicos como la concentración de minerales en el suelo del cultivo y la aplicación de fertilizantes, así como las diferentes variedades (Nowak et al., 2016). También por las diferencias geográficas donde se cultivan las quinuas, debido a que los factores ambientales y geográficos tienen incidencia en la composición química y nutricional de los vegetales (Chappell et al., 2017).

Mientras que Zapana (2019) encontró, valores nutricionales de quinua expandida con 6,99% de humedad, 12,07% de proteína, 6,07% de grasa, 2,21% de ceniza y 79,66% de carbohidratos, y, Huamaní (2019) reporta valores de composición proximal de quinua blanca expandida con 5,54% de humedad, 10,8% de proteína, 4,86% de grasa, 3,98% de fibra, 3,12% de ceniza y 71,70% de carbohidratos; lo que tiene una variación leve por los parámetros como presión, tiempo y humedad

al momento de llevar al proceso de expansión así como los aspectos culturales de producción de la materia prima. Salazar (2008), también reporta valores de 12,69% de proteína, 4,68% de grasa total, 4,8% fibra, 5,31% de humedad y 2,23% de cenizas.

La reducción en el contenido de humedad es por la liberación de agua del grano por efecto del calor y la presión generados en el proceso de expansión, siendo primero el tueste y luego el expandido del grano, generalmente estos productos tienen vida en anaquel superior a un año. Además, las altas temperaturas del proceso llevan a cabo un tratamiento térmico efectivo al producto, incrementado así su tiempo de conservación.

La cantidad de proteína de la quinua sufre un descenso debido a la temperatura, esto se debe a que en el proceso ocurre cambios por la reacción de Maillard en presencia de carbohidratos reductores.

El contenido de carbohidratos tiene un incremento debido a la disminución del contenido de agua en el expandido, éstos constituyen una fuente de energía más abundante y económica que las grasas y proteínas.

En cuanto a cenizas, experimentó una disminución, porque en la cáscara del pseudocereal se encuentran minerales importantes, que se pierden conjuntamente con la fibra durante el proceso. Los valores del trabajo de investigación reportan que los requisitos fisicoquímicos de la quinua expandida están dentro de los valores mínimos y máximos según la NTP 011.459 (2016).

Los productos expandidos presentan una vaporización explosiva del agua interna del grano, con una disminución repentina de la presión, provocando la hinchazón de los granos, evidenciado por el aumento del tamaño de los mismos. Este

proceso mejora la disponibilidad de los nutrientes, favorece la gelatinización del almidón y destruye inhibidores termolábiles (Rojas et al., 2010).



## CONCLUSIONES

Del trabajo de investigación se concluye:

1. En los tratamientos experimentales de la quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave se determinó valores promedios de 5,89 % en el índice de expansión, 4,92 % en humedad, 82,64 g/cm<sup>3</sup> de densidad aparente y 71,42 % de rendimiento.
2. En la evaluación sensorial del expandido de quinua en el atributo color el T<sub>4</sub> (harina de moringa 4 % y jarabe de agave 15 %) superó estadísticamente a los demás tratamientos en estudio, en el atributo sabor los tratamientos T<sub>3</sub> (harina de moringa 4 % y jarabe de agave 10 %) y T<sub>4</sub> (harina de moringa 4 % y jarabe de agave 15 %) superaron a los demás tratamientos y en la aceptabilidad los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> son los más preferidos por los panelistas.
3. Se determinó que el producto elaborado con 4% de harina de moringa y 15% de jarabe de agave (T<sub>4</sub>) tuvo mejores características físicas y mayores ponderaciones para los atributos de calidad como: color, sabor y aceptabilidad.
4. La composición proximal del producto con mayor aceptabilidad del expandido de quinua fue: humedad 4,58 %, proteína 11,25 %, grasa 2,19 %, fibra 0,92 %, ceniza 2,89 %, carbohidratos 78,17 %, energía 377,39 kcal siendo estas propiedades nutricionales una fuente prometedora para su uso en la dieta alimentaria.

## RECOMENDACIONES

1. Efectuar estudios de otras propiedades físicas en las diferentes variedades de quinua que se cultivan en nuestra región.
2. Estudiar las propiedades mecánicas y térmicas en los procesos de expansión de cereales.
3. Diseñar una línea de expandidos de quinua incluyendo diferentes tipos de recubrimientos y edulcorantes que coadyuven en generar valor agregado en las características de calidad, incrementando su valor comercial y creando hábitos de consumo.
4. Incrementar la calidad nutricional de la quinua expandida para complementar nutricionalmente con el fin de proporcionarle a la población un alimento de calidad proteica y bajo costo.
5. Llevar a cabo estudios de pre factibilidad en procesos agroindustriales como expandidos de quinua u otros cultivos de la región.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, J. L. (2009) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties., *Food and Nutrition Research*, 58, 1-31.
- Alam, S. A., Järvinen, J., Kirjoranta, S., Jouppila, K., Poutanen, K., & Sozer, N. (2014). Influence of particle size reduction on structural and mechanical properties of extruded rye bran. *Food and Bioprocess Technology*, 7(7), 2121–2133.
- Altan, A., McCarthy, K. L., & Maskan, M. (2009). Effect of screw configuration and raw material on some properties of barley extrudates. *Journal of Food Engineering*, 92(4), 377–382.
- Allred-Coyle, A., Ramses, B., Toma, Reiboldt, W. y Thakur, M. T. (2000). Effects of moisture content, hybrid variety, kernel size, and microwave wattage on the expansion volume of microwave popcorn. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51(5), 389-394.
- Anzaldúa-Morales, A. (2005). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Zaragoza, Acribia S.A.
- Arkhipov, V. I., Heremans, P., Emelianova, E. V., y Baessler, H. (2005). Effect of doping on the density-of-states distribution and carrier hopping in disordered organic semiconductors. *Physical Review*, 71(4), 1-7.
- Association Official Agricultural Chemists [A.O.A.C.]. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International*. 18 ed. Maryland, US, Editorial Board. 2 v.

- Atef A, Abou-Zaid, El-Faham, S. Y., Wafaa, H. Emam. (2014). Use of quinoa meal to produce bakery products to celiac and autism stuffs. *International Journal of Science and Research*, 3(9), 1344-1354.
- Badui, S. (2013). *Química de los alimentos*. Quinta edición. Editorial Pearson, México.
- Balbir, M. (2005). *Trees for Life: Moringa Book*. [en línea]. St Louis, EUA, <<http://www.treesforlife.org/ourwork/ourinitiatives/moringa/moringa-ook>>.
- Brennan, M. A., Monro, J. A., & Brennan, C. S. (2008). Effect of inclusion of soluble and insoluble fibres into extruded breakfast cereal products made with reverse screw configuration. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(12), 2278–2288.
- Breslin, P. A. & Spector, A. C. (2013). Mammalian taste perception. *Curr. Biol.* 18, R148–R155.
- Cervantes, M. L. y Cuya, I. S. (2015). *Elaboración de miel de cabuya y estudio de pre factibilidad de una planta en el distrito de Huanca Huanca, provincia de Angaraez, departamento de Huancavelica*. Tesis de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú. URI <https://hdl.handle.net/20.500.12672/4227>
- Ceylan, M., y Karababa, E. (2002). Comparison of sensory properties of popcorn from various types and sizes of kernel. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(1), 127-133.
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, S. K., Lim, K. K., Tan, S. P., Lianto, F. S. (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 113(1), 166–172.

- Chappell, A., Scott, K. P., Griffiths, I. A., Cowan, A. A., Hawes, C., Wishart, J., & Martin, P. (2017). The agronomic performance and nutritional content of oat and barley varieties grown in a northern maritime environment depends on variety and growing conditions. *Journal of Cereal Science*, 74, 1–10.
- Delcour, J. A. (2010). *Starch*. In: *Principles of Cereal Science and Technology*. AACC International, Inc., St. Paul, Minnesota, USA, pp. 23 a 51.
- Dini, I., Tenore, G. C., & Dini, A. (2010). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT – Food Science and Technology*, 43(3), 447–451.
- Dogan, H., & Karwe, M. V. (2003). Physicochemical properties of quinoa extrudates. *Food Science Technology International*, 9(2), 101–114.
- Egas, L., Villacrés, E., Salazar, D., Peralta, E. y Ruilova, M. (2010). Elaboración de un cereal para desayuno con base a quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) expandida. *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*. 23(2), 9-15.
- Figura, L., & Teixeira, A. A. (2007). *Food physics: Physical Properties - Measurement and Applications*. Berlin, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Foidl, N.; Makkar, P. y Becker, K. (2001). *The potential of Moringa oleifera for agricultural and industrial uses*. In: *The miracle tree: The multiple attributes of Moringa*. Ed. J. Lowell Fuglie. CTA Publication. Wageningen, The Netherlands. p. 45.

- Fuglie, L. J. (2001). *Combating malnutrition with Moringa*. In: *The miracle tree: the multiple attributes of Moringa*. Ed. L.J. Fuglie. CTA Publication. Wageningen, The Netherlands. p. 117.
- Ganjyal, G. M., Reddy, N., Yang, Y. Q., & Hanna, M. A. (2004). Biodegradable packaging foams of starch acetate blended with corn stalk fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 93(6), 2627–2633.
- Ghazali, H. M. y Mohammed, A. S. (2011). *Moringa (Moringa oleifera) seed oil: composition, nutritional aspects, and health attributes*. In: *Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention*. Eds. V.R. Preedy, R. Ross and V.B. Patel. Elsevier Inc. Amsterdam, The Netherlands. p. 787.
- Gokmen, S. (2004). Effects of moisture content and popping method on popping characteristics of popcorn. *Journal of Food Engineering*, 65(3), 357-362.
- Hernández, T. D. (2018). *Miel de agave como edulcorante en el bizcocho red velvet*. Tesis de Licenciatura en Gastronomía. Universidad Autónoma del Estado de México. Tenancingo, México.
- Hoke, K., Housova, J., y Houska, M. (2005). Optimum conditions of rice puffing. *Czech Journal of Food Science*, 23, 1-11.
- Hoseney, R. C., Zeleznak, K., y Abdelrahman, A. (1983). Mechanism of popcorn popping. *Journal of Cereal Science*, 1(1), 43-52.
- Hoseney, R. C. (1994). *Principles of cereal science and technology* (Nº Ed. 2). American Association of Cereal Chemists (A.A.C.C.).
- Huamani, V., L. K. (2019). *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 título de Ingeniera en Industrias

Alimentarias. UNSCH –Ayacucho, Perú. URI:  
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3410>

- Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1–2), 167–177.
- Jambunathan, R., Kherdekar, M. S., y Stenhouse, J. W. (1992). Sorghum grain hardness and its relationship to mold susceptibility and mold resistance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(8), 1403-1408.
- Joshi, N. D., Mohapatra, D., y Joshi, D. C. (2014). Varietal selection of some indica rice for production of puffed rice. *Food and Bioprocess Technology*, 7(1), 299-305.
- Kirjoranta, S., Solala, K., Suuronen, J. P., Penttilä, P., Peura, M., Serimaa, R., Jouppila, K. (2012). Effects of process variables and addition of polydextrose and whey protein isolate on the properties of barley extrudates. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 1165–1175.
- Kowalski, R. J., Medina-Meza, I. G., Thapa, B. B., Murphy, K. M., & Ganjyal, G. M. (2016). Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science*, 70(1), 91–98.
- Lawless, H. T. y Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of foods: Principles and practices*. 2da edic. Nueva York, USA. Editorial Springer.
- León, J. M. (2003). *Cultivo de la quinua en Puno-Perú descripción, manejo y producción*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- Lin, Y. E., y Anantheswaran, R. C. (1988). Studies on popping of popcorn in a microwave oven. *Journal of Food Science*, 53(6), 1746-1749.

- Llerena, R., Velastegui, A., Barberán, L. y Pazán, G. (2018). Desarrollo de un alimento nutritivo y energético tipo barra a partir de moringa, quinua y amarante. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2018/desarrollo-alimento-nutritivo.html>.
- Liñan, T. F. (2010). Moringa oleífera el árbol de la nutrición. *Revista Ciencia y Salud Virtual*, 2(1), 130-138. <https://doi.org/10.22519/21455333.70>
- López, S. L. (2013). *Elaboración, control de calidad y evaluación de la actividad antidiabética de la miel de agave (Agave americana L.)*. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. URI: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3099>
- Lowell, J. F. (1999). *The miracle tree Moringa oleifera natural nutrition for the tropics*. Regional Representative. Senegal, Church World Service. Dakar. pp 1-31.
- Luyten, H., Plijter, J. J., & van Vliet, T. (2004). Crispy/crunchy crusts of cellular solid foods: A literature review with discussion. *Journal of Texture Studies*, 35, 445–492.
- Magaña, B. (2012). Aprovechamiento poscosecha de la moringa (*Moringa oleífera*). *Tecnología postcosecha*, 13(2), 171-174.
- Mahasukhonthachat, K., Sopade, P. A., & Gidley, M. J. (2010). Kinetics of starch digestion in sorghum as affected by particle size. *Journal of Food Engineering*, 96(1), 18–28.
- Malthur, P. (2005). *Plantas medicinales iberoamericanas*. Editorial Converse. Santa Fé de Bogotá, Colombia. Pp 26-27.



- Martínez, N., Alfaro, V. y Walfer, W. (2008). *Uso potencial de la moringa para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados*. Guatemala. INCAP
- Matos, A. & Sánchez, F. (2011). *Determinación del rendimiento de almidón a partir en tres accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd), Pasankalla, Salcedo INIA y Kancolla*. Universidad Peruana Unión, Tercer encuentro de Investigación Universitaria, Lima-Perú.
- Metzger, D. D., Hsu, K. H., Ziegler, K. E., y Bem, C. J. (1989). Effect of moisture content on popcorn popping volume for oil and hot-air popping. *Cereal Chemistry*, 66(3), 247-248.
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2015). Ministerio de Agricultura y Riego. <http://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/444granos-andinos/9380-historia-de-la-quinua>
- Mishra, G., Joshib, D. C., Pandaa, B. K. (2014). Popping and Puffing of Cereal Grains: A Review. *Journal of Grain Processing and Storage*, 1(2), 34-46.
- Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Sarabia, R., Corredor, G. y Romero, A. (2006). *Proyecto Quinua: Cultivo multipropósito para los países Andinos INT/ 017 KOI Perú-Bolivia-Colombia. Agroindustria de la quinua*. Edit. Puno, Perú, pp.1 13-159.
- Muñoz, A. (2013). Año Internacional de la quinua. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 79: 1-2.
- Nath, A., Chattopadhyay, P. K., y Majumdar, G. C. (2007). High temperature short time air puffed ready-to-eat (RTE) potato snacks, process parameter optimization. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 770-780.

- Nickel, J., Pio, S., Torma, B., Arocha, G. y Helbig, E. (2016). Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains. *Food Chemistry*, 209(5), 139-143.
- Nithaya, D. J., Bosco, K. A. S., Saravanan, M., Mohan, R. J., & Alagusundaran, K. (2016). Optimization of process variables for extrusion of rice – Bengal gram blends. *Indian Journal of Scientific & Industrial Research*, 75, 108–114.
- Nowak, V., Du, J., y Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47–54.
- NTP 011.459 (2016). Norma técnica peruana de granos andinos, *expandidos de quinua, requisitos*. Dirección de Normalización – INACAL. Lima, Perú.
- Ohnson, L. A., y Fox, S. R. (1991). Relationships among maize quality factors. *Cereal Chemistry*, 68(6), 602-605.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2011). La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). Food and agriculture organization of the United Nations: 2013 International Year of Quinoa Secretariat. URL <[http://www.fao.org/quinoa2013/what-is-quinoa/varieties/es/?utm\\_source=facebookutm\\_medium=social+media&utm\\_campaign=fao](http://www.fao.org/quinoa2013/what-is-quinoa/varieties/es/?utm_source=facebookutm_medium=social+media&utm_campaign=fao)>.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2017). Cultivos tradicionales. Moringa.
- Paggi, V. (2003). *Adecuación de una máquina 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
- Parker, M. L., Grant, A., Rigby, N. M., Belton, P. S., y Taylor, J. R. (1999). Effects of popping on the endosperm cell walls of sorghum and maize. *Journal of Cereal Science*, 30(3), 209-216.
- Pawar, S. G., Pardeshi, I. L., Borkar, P. A., y Rajput, M. R. (2014). Optimization of process parameters of microwave puffed sorghum based ready-to-eat (RTE) food. *Journal of Ready to Eat Food*, 1(2), 59-68.
- Pedersen, J. F., Milton, T., y Mass, R. A. (2000). A twelve-hour in vitro procedure for sorghum grain feed quality assessment. *Crop science*, 40(1), 204-208.
- Ramírez, N. J. S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *ReCiTeIA*, 12, 84–102. R<https://doi.org/10.1109/TGRS.2004.834800>.
- Ramírez, Y. M. (2012). *Evaluación de las propiedades físicas y químicas en dos variedades de quinua expandida (Chenopodium quinoa Willd).* Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Tesis de Maestría en Agricultura Andina. URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/383>
- Raygada, M. (2001). *Caracterización del almidón de dos variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd): Kancolla y Chullpi.* Tesis para obtener el

grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina.  
Lima-Perú. 93pp.

Repo-Carrasco, R., Espinoza, C. y Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19 (1-2), 179-189.

Rojas, W., Soto, J., Pinto, M., Padulosi, S. (2010). *Granos andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Bioersivity International, Roma, Italia

Salazar, D. (2008). *Desarrollo de un cereal para el desayuno en base a quinua expandida, como alternativa para una alimentación sana y nutritiva*. Tesis para obtener el grado de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.

Salazar, Z. A. (2000). *Calidad industrial del trigo para su comercialización, el trigo de temporal en México*. Villa señor, ME y Espitia, RE. Ed. Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Chapingo, Estado de México.

Sancho, J., Bota, E. y De Castro, J. (2002). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Edicions Universitat de Barcelona.

Singh, N. B., Singh, R. B., Singh, R. L., Prakash, D., Dhakarey, R., Upadhyay, G. y Singh, B. H. (2009). *Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of Moringa oleífera*. 47: 1109-1116.

Sharma, V., Champawat, P. S., y Mudgal, V. D. (2014). Process development for puffing of Sorghum. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 2(1), 6-170.

- Shimoni, E., Dirks, E. M., y Labuza, T. P. (2002). The relation between final popped volume of popcorn and thermal-physical parameters. *LWT - Food Science and Technology*, 35(1), 93-98.
- Spence, C. (2013). Multisensory flavour perception. *Current Biology*, 18: R365-R369.
- Sreerama, Y. N., Sasikala, V. B., y Pratapa, V. M. (2008). Nutritional implications and flour functionality of popped/expanded horse gram. *Food Chemistry*, 108(3), 891-899.
- Sucari, M. L. (2003). *Determinación de humedad y presión en el proceso de expansión por explosión para dos variedades de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Sweley, J. C., Rose, D. J., y Jackson, D. S. (2012). Hybrid and environment effects on popcorn kernel physiochemical properties and their relationship to microwave popping performance. *Journal of Cereal Science*, 55(2), 188-194.
- Tablas peruanas de composición de alimentos. (2017). Elaborado por María Reyes García; Iván Gómez-Sánchez Prieto; Cecilia Espinoza Barrientos. 10ma ed. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.
- 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). *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria*, 2(1) 188.

- Tapia, M. E., y Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Lima: FAO y ANPE. URL <<http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s.pdf>>. Accessed 20.05.15.
- Vásquez, V. (2004). *Formulación y aceptabilidad de preparaciones comestibles a base de moringa oleífera*. Tesis, Nutricionista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ciencias químicas y farmacia. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2270.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2270.pdf).
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., y Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541–2547.
- Yana, Q. S. (2015). *Caracterización y determinación de la digestibilidad proteica de quinua insuflada en tres variedades (Chenopodium quinoa Willd)*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Tesis de Ingeniería Agroindustrial. URI: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2397>
- Yenagi, N., Kachapur, M. y Bhuvaneshwari, G. (2005). Popping quality and proximate composition of pop sorghum cultivars. *Research Highlights*, 15, 119-124.
- Zapana, Y. F. (2019). *Estudio de las propiedades física, químicas y nutricionales de insuflados de quinua (Chenopodium quinoa Willd.), roja INIA*. Tesis de Maestro en Ingeniería Agrícola con mención en Agroindustrias. Universidad de Concepción. Chillan-Chile.
- Ziegler, K. E. (2001). *Popcom*. En Speciality coms Hallauer, A. R. (Ed. CRC Press). 2° Ed. Boca Raton, FL, pp. 199-234.

# ANEXOS

## ANEXO 01

### Resultados de índice de expansión de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave

**Tabla 22**

*Resultado de volúmenes de quinua expandida en cm<sup>3</sup> para determinar el Índice de expansión*

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
301,5	294,0	300,0	310,5	291,5	260,0
296,0	285,0	307,5	316,0	305,0	267,5
305,5	282,50	299,0	302,5	302,5	274,0

Donde:

T<sub>1</sub>: Harina de moringa 2 % y jarabe de agave 10 %

T<sub>2</sub>: Harina de moringa 2 % y jarabe de agave 15 %

T<sub>3</sub>: Harina de moringa 4 % y jarabe de agave 10 %

T<sub>4</sub>: Harina de moringa 4 % y jarabe de agave 15 %

T<sub>5</sub>: Harina de moringa 6 % y jarabe de agave 10 %

T<sub>6</sub>: Harina de moringa 6 % y jarabe de agave 15 %

**NOTA:** el volumen de la quinua sin expandir fue constante para todos los tratamientos, siendo 50 cm<sup>3</sup>

**Tabla 23**

*Índice de expansión (%)*

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
6,03	5,88	6,00	6,21	5,83	5,20
5,92	5,70	6,15	6,32	6,10	5,35
6,11	5,65	5,98	6,05	6,05	5,48



**Tabla 24**

*Promedio del índice de expansión de las quinuas expandidas con interacción de factores*

<b>Moringa * Jarabe</b>					
Moringa	Jarabe	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	1	6,020	0,071	5,865	6,175
	2	5,743	0,071	5,588	5,898
2	1	6,043	0,071	5,888	6,198
	2	6,193	0,071	6,038	6,348
3	1	5,993	0,071	5,838	6,148
	2	5,343	0,071	5,188	5,498

## ANEXO 02

### Resultados de humedad de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave

**Tabla 25**

*Resultados de las masas (g) de la quinua expandida después del secado de los diferentes tratamientos para determinar la humedad*

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
1,8968	1,8998	1,9180	1,9004	1,8972	1,8976
1,9030	1,8976	1,9036	1,9080	1,8942	1,8988
1,8990	1,9002	1,9122	1,9056	1,8984	1,8970

**NOTA:** el peso de la quinua expandida sin llevar a cabo el secado fue constante para todos los tratamientos, siendo 2 gramos.

**Tabla 26**

*Humedad (%)*

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
5,16	5,01	4,10	4,98	5,14	5,12
4,85	5,12	4,82	4,60	5,29	5,06
5,05	4,99	4,39	4,72	5,08	5,15

**Tabla 27***Promedio de la humedad de las quinuas expandidas con interacción de factores***Moringa \* Jarabe**

Moringa	Jarabe	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	1	5,020	0,109	4,783	5,257
	2	5,040	0,109	4,803	5,277
2	1	4,437	0,109	4,200	4,673
	2	4,767	0,109	4,530	5,003
3	1	5,170	0,109	4,933	5,407
	2	5,110	0,109	4,873	5,347

## ANEXO 03

### Resultados de densidad aparente de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave

**Tabla 28**

*Resultados de masa y volumen de los diferentes tratamientos para determinar la densidad aparente*

Tratamientos	Masa de probeta (g)	Masa de probeta + muestra (g)	Masa de muestra (g)	Volumen de muestra (mL)
T <sub>1</sub>	71,42	72,9910	1,5710	20
		73,0612	1,6412	
		72,9036	1,4836	
T <sub>2</sub>	71,42	72,9690	1,5490	20
		72,8796	1,4596	
		73,0468	1,6268	
T <sub>3</sub>	71,42	73,1110	1,6910	20
		72,9850	1,5650	
		73,0616	1,6416	
T <sub>4</sub>	71,42	73,1232	1,7032	20
		73,1906	1,7706	
		73,0090	1,5890	
T <sub>5</sub>	71,42	73,0850	1,6650	20
		73,1908	1,7708	
		73,1126	1,6926	
T <sub>6</sub>	71,42	73,1476	1,7276	20
		73,2384	1,8184	
		73,2034	1,7834	

**Tabla 29**

*Densidad aparente (kg/m<sup>3</sup>)*

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
78,55	77,45	84,55	85,16	83,25	86,38
82,06	72,98	78,25	88,53	88,54	90,92
74,18	81,34	82,08	79,45	84,63	89,17

**Tabla 30**

*Promedio de la densidad aparente de las quinuas expandidas con interacción de factores*

**Moringa \* Jarabe**

Moringa	Jarabe	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	1	78,263	2,070	73,753	82,773
	2	77,257	2,070	72,747	81,767
2	1	81,627	2,070	77,117	86,137
	2	84,380	2,070	79,870	88,890
3	1	85,487	2,070	80,977	89,997
	2	88,823	2,070	84,313	93,333

## ANEXO 04

### Resultados de rendimiento de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave

**Tabla 31**

*Resultados de la masa (kg) después de la expansión de los granos de quinua de los diferentes tratamientos para determinar el rendimiento*

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
0,6922	0,7227	0,6948	0,7515	0,6923	0,7439
0,7020	0,7153	0,6823	0,7208	0,6838	0,7295
0,7084	0,7343	0,7014	0,7386	0,7027	0,7390

**NOTA:** la masa de la quinua sin expandir fue constante para todos los tratamientos, siendo 1 kg.

**Tabla 32**

*Rendimiento (%)*

HM <sub>1</sub>		HM <sub>2</sub>		HM <sub>3</sub>	
JA <sub>1</sub>	JA <sub>2</sub>	JA <sub>1</sub>	JA <sub>2</sub>	JA <sub>1</sub>	JA <sub>2</sub>
69,22	72,27	69,48	75,15	69,23	74,39
70,20	71,53	68,23	72,08	68,38	72,95
70,84	73,43	70,14	73,86	70,27	73,90

**Tabla 33***Promedio del rendimiento de las quinuas expandidas con interacción de factores***Moringa \* Jarabe**

Moringa	Jarabe	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	1	70,087	0,593	68,794	71,379
	2	72,410	0,593	71,118	73,702
2	1	69,283	0,593	67,991	70,576
	2	73,697	0,593	72,404	74,989
3	1	69,293	0,593	68,001	70,586
	2	73,747	0,593	72,454	75,039

## ANEXO 05

### Evaluación de color, sabor y aceptabilidad de las quinuas expandidas con harina de moringa y jarabe de agave

NOMBRE: .....

FECHA: .....

HORA: .....

Usted tiene seis muestras codificadas de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave, las cuáles debe probar una a la vez y marque con una X en la escala sobre cada muestra.

ESCALA	MUESTRAS																	
	456			675			843			901			264			310		
	C	S	A	C	S	A	C	S	A	C	S	A	C	S	A	C	S	A
Me gusta mucho																		
Me gusta moderadamente																		
Me gusta un poco																		
Me es indiferente																		
Me disgusta un poco																		
Me disgusta moderadamente																		
Me disgusta mucho																		

Observaciones:

.....  
 .....

C= color  
 S= sabor  
 A= aceptabilidad



## ANEXO 06

**Tabla 34**

*Resultados de la evaluación sensorial del color de las quinuas expandidas*

Panelistas	COLOR					
	Tratam. 1	Tratam. 2	Tratam. 3	Tratam. 4	Tratam. 5	Tratam. 6
1	4	5	5	5	4	5
2	5	5	4	6	4	5
3	5	6	4	6	5	4
4	5	4	5	6	5	5
5	5	4	4	6	5	4
6	5	5	4	6	4	4
7	5	5	4	6	4	4
8	4	5	4	5	4	3
9	4	6	5	6	3	4
10	3	5	4	6	4	3
11	4	4	4	5	4	5
12	4	4	5	6	3	4
13	4	4	4	6	5	4
14	5	5	5	5	5	4
15	5	4	4	6	4	4

**Tabla 35**

*Promedio de la variable color*

Tratamientos	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	4,467	0,155	4,158	4,775
2	4,733	0,155	4,425	5,042
3	4,333	0,155	4,025	4,642
4	5,733	0,155	5,425	6,042
5	4,200	0,155	3,891	4,509
6	4,133	0,155	3,825	4,442

**Tabla 36***Resultados de la evaluación sensorial de sabor de las quinuas expandidas*

Panelistas	SABOR					
	Tratam. 1	Tratam. 2	Tratam. 3	Tratam. 4	Tratam. 5	Tratam. 6
1	5	5	6	6	5	4
2	5	4	6	7	5	4
3	6	4	6	6	4	4
4	6	5	7	6	4	4
5	6	5	6	6	5	4
6	5	6	6	5	4	5
7	5	5	5	7	4	5
8	4	5	6	5	5	5
9	4	4	6	6	5	4
10	4	4	7	6	4	5
11	5	4	6	5	5	4
12	5	5	6	6	4	5
13	6	4	7	6	5	4
14	4	4	6	7	5	4
15	4	5	5	6	4	5

**Tabla 37***Promedio del atributo sabor*

Tratamientos	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	4,933	0,170	4,595	5,271
2	4,600	0,170	4,262	4,938
3	6,067	0,170	5,729	6,405
4	6,000	0,170	5,662	6,338
5	4,533	0,170	4,195	4,871
6	4,400	0,170	4,062	4,738

**Tabla 38***Resultados de la evaluación sensorial de aceptabilidad de las quinuas expandidas*

Panelistas	ACEPTABILIDAD					
	Tratam. 1	Tratam. 2	Tratam. 3	Tratam. 4	Tratam. 5	Tratam. 6
1	5	5	6	6	5	4
2	5	4	5	6	4	4
3	6	4	6	7	4	5
4	4	5	7	6	4	4
5	6	5	6	6	4	4
6	5	6	6	6	5	5
7	5	6	5	7	4	4
8	4	4	6	5	5	4
9	5	4	6	6	4	4
10	4	4	7	7	4	5
11	5	5	6	6	4	4
12	5	5	6	6	4	5
13	5	4	7	6	4	4
14	4	4	6	7	5	4
15	4	5	6	6	5	5

**Tabla 39***Promedio de la variable aceptabilidad*

Tratamientos	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	4,800	0,156	4,489	5,111
2	4,667	0,156	4,356	4,977
3	6,067	0,156	5,756	6,377
4	6,200	0,156	5,889	6,511
5	4,333	0,156	4,023	4,644
6	4,333	0,156	4,023	4,644

## ANEXO 07



### Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUIBSE N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO 299-8280  
E-mail: satpen@satpen.com / web: www.satpen.com

#### INFORME DE ENSAYO N° DT-05774-01-2021

**PRODUCTO** : Expandido de quinua con harina de moringa y jarabe de ágave.  
**SOLICITADO POR** : CONDORI GONZALES EVE ALCIRA  
**DIRECCIÓN** : Asociación María Magdalena Mz B lote 18- Ayacucho/Huamanga - Ayacucho  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2021-09-29  
**FECHA DE ANÁLISIS** : 2021-09-30  
**FECHA DE INFORME** : 2021-10-07  
**SOLICITUD N°** : SDT-09708-2021

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA** : Ninguna  
**ESTADO / CONDICIÓN** : Producto extruido / Temperatura Ambiente  
**PRESENTACIÓN** : Bolsa de papel sellada, sin etiqueta x 250 g.  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 2 unidades  
**CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE** : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Carbohidratos (g/100g)	78,17
(*) Ceniza (g/100g)	2,89
(*) Energía total (kcal/100g)	377,39
(*) Fibra cruda (g/100g)	0,92
(*) Grasa (g/100g)	2,19
(*) Humedad (g/100g)	4,58
(*) Proteína (g/100g)	11,25

(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

**Métodos**

(\*) Carbohidratos : Por Cálculo  
 (\*) Cenizas : AOAC 925.39, 21st Ed. (2019) // AOAC 923.03, 21st Ed. (2019), Baked Products // Ash of Flour  
 (\*) Energía total : Por Cálculo  
 (\*) Fibra cruda : AOAC 962.01, 21st Ed. (2019), Fibre (crude) in Animal Feed and Pet Food  
 (\*) Grasa : AOAC 920.39D, 21st Ed. (2019) // AOAC 920.36, 21st Ed. (2019), Sol-id products // Fat in flour acid hydrolysis method.  
 (\*) Humedad : NIT 308.008.2014 (revisado el 2019), Curfiteño, Determinación de la humedad  
 (\*) Proteína : AOAC 920.39C, 21st Ed. (2019) // AOAC 920.36, 21st Ed. (2019) // AOAC 964.13A, 21st Ed. (2019), Baked products // Protein in bread // Protein (crude) in animal feed and pet food, Cooper catalyzt Kjeldahl Method.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

**QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS**  
**JEFE DIVISIÓN TÉCNICA**  
**C. Q. P. N° 296**



Firmado digitalmente por:  
 Quim. Mariela Ciotilde  
 Huapaya Herreros  
 Fecha y hora: 07/10/2021  
 15:10

## ANEXO 08

### Producción de quinua expandida con harina de moringa y jarabe de agave



**Materia prima e insumos**



**Procesos de expandido y jarabeado**



**Quinoa expandida con harina de moringa y jarabe agave**



**Envasado y sellado**

## ANEXO 09

**Actividades del trabajo de investigación para determinación de índice de expansión, densidad aparente, humedad, rendimiento y análisis sensorial**



Muestras de quinua expandida



Determinando pesos y volúmenes de las muestras



Muestras para determinar la humedad



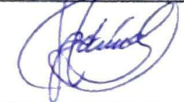


Análisis sensorial de las muestras de quinua expandida



## ACTA DE CONFORMIDAD

Los que suscribimos, miembros de jurado designado para el acto público de sustentación de tesis cuyo título es: "EFECTO DE LA HARINA DE MORINGA (*Moringa oleifera*) Y JARABE DE AGAVE (*Agave americana* L.) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y SENSORIALES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EXPANDIDA". Presentado por la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias Eve Alcira CONDORI GONZALES, el cual fue expuesto el día 13 de diciembre del 2022, en mérito a la Resolución Decanal N° 088-2022-UNSCH-FIQM/D, damos nuestra conformidad a la tesis mencionada y declaramos al recurrente apto para que pueda iniciar las gestiones administrativas, conducentes al expedición y entrega del título profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

MIEMBROS DE JURADO	DNI	FIRMA
Mg. Julio Fernando PÉREZ SÁEZ	06591392	
Mg. Wilfredo TRASMONTA PINDAY	07560082	
Ing. Joaquín Basael HERNÁNDEZ GARCÍA	21518252	

Ayacucho, 26 de enero del 2023



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, la Srta. **Eve Alcira CONDORI GONZALES**, egresada de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor el Ing. Antonio Jesús Matos Alejandro, la Tesis: *“Efecto de la harina de moringa (Moringa oleífera) y jarabe de agave (Agave americana L.) en las características físicas y sensoriales de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) expandida”*; y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 26% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha febrero 13 de 2023 e Identificador de la Entrega N° 2013186450.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, febrero 13 de 2023.



Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga  
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia  
E.P. Ingeniería Industrias Alimentarias

  
-----  
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI  
DIRECTOR

c.c. : Archivo digital.  
Constancia N° 034



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Eve Alcira Condori Gonzales  
Título del ejercicio: TESIS 2023  
Título de la entrega: EFECTO DE LA HARINA DE MORINGA (*Moringa oleífera*) Y JAR...  
Nombre del archivo: TESIS\_OK\_EVE.pdf  
Tamaño del archivo: 2.01M  
Total páginas: 104  
Total de palabras: 19,069  
Total de caracteres: 97,143  
Fecha de entrega: 13-feb.-2023 11:03a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2013186450

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



EFECTO DE LA HARINA DE MORINGA (*Moringa oleífera*) Y  
JARABE DE AGAVE (*Agave americana* L.) EN LAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y SENSORIALES DE QUINUA  
(*Chenopodium quinoa* Willd.) EXPANDIDA

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

Eve Alcira CONDORI GONZALES

AYACUCHO - PERÚ

2022

EFECTO DE LA HARINA DE  
MORINGA (Moringa oleífera) Y  
JARABE DE AGAVE (Agave  
americana L.) EN LAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y  
SENSORIALES DE QUINUA  
(Chenopodium quinoa Willd.)  
EXPANDIDA

---

**Fecha de entrega:** 13-feb-2023 11:03a.m. (UTC-0500)  
por Eve Alicia Condori Gonzales

**Identificador de la entrega:** 2013186450

**Nombre del archivo:** TESIS\_OK\_EVE.pdf (2.01M)

**Total de palabras:** 19069

**Total de caracteres:** 97143

# EFFECTO DE LA HARINA DE MORINGA (Moringa oleífera) Y JARABE DE AGAVE (Agave americana L.) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y SENSORIALES DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.) EXPANDIDA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
3	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="https://repositorio.udec.cl">repositorio.udec.cl</a> Fuente de Internet	2%
6	<a href="https://ri.ues.edu.sv">ri.ues.edu.sv</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

8	Fuente de Internet	1 %
9	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
10	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	www.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
12	www.uniagraria.edu.co Fuente de Internet	1 %
13	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	scielo.isciii.es Fuente de Internet	<1 %
17	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
18	bibliotecafepai.fepai.org.ar Fuente de Internet	<1 %
19	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

20	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://pdfcookie.com">pdfcookie.com</a> Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral Trabajo del estudiante	<1 %
24	<a href="http://repositorio.ucu.edu.ar">repositorio.ucu.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://www.cienciasagrarias.bogota.unal.edu.co">www.cienciasagrarias.bogota.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
27	<a href="http://dspace.unl.edu.ec">dspace.unl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Miguel Hernandez Servicios Informaticos Trabajo del estudiante	<1 %
30	<a href="http://www.naturitas.es">www.naturitas.es</a> Fuente de Internet	<1 %

31	<a href="http://cicytac.cba.gov.ar">cicytac.cba.gov.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
33	<a href="http://repositorio.upeu.edu.pe">repositorio.upeu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
35	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo