

REVISTA INDUSTRIAL 4.0

EDICIÓN DIGITAL Nro. 8
MARZO 2024

ISSN-L 2958-0188



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial

M.Sc. Oscar Arnaldo Heredia Vargas
Dra. María Eugenia García Moreno
Ing. Alejandro Martín Mayori Machicao
Ing. Freddy Gutiérrez Barea
Ing. Franz José Zenteno Benítez

Rector
Vicerrector
Decano Facultad de Ingeniería
ViceDecano Facultad de Ingeniería
Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edición Impresa N°. 8 - Marzo 2024
Impresa: ISSN 2958-017X
En Línea: ISSN-L 2958-0188

Comite Editor:
Ing. Grover Sanchez Eid
Ing. Mario Zenteno Benitez PhD

Diseño Versión Impresa & web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imagen Tapa:
Carrera de Ingeniería Industrial

Imprenta:
Walking Graf

Deposito Legal:
4-3-68-20

Web:
<https://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40>
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175, Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
TEI. 2205000-2205067, Int. 1402
Campus Universitario, Cota Cota - calle 30



PRESENTACIÓN

La revista Industrial 4.0, es una publicación semestral (impresa y digital) de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés. Fue creada para la difusión de los trabajos que realizan los profesionales -nacionales o extranjeros- en tecnología, innovación, ingeniería e investigación.

Una mirada atrás, nos muestra un recorrido de mas de cuatro años, tiempo en el cual, especialmente profesionales vinculados a la carrera, han plasmado su sapiencia, escribiendo artículos bajo estándares cada vez más exigentes. Por lo anotado en esta edición Numero 8 de la Revista Industrial 4.0, me complace presentar una muestra de esa renovación e investigación constante de mis colegas, de la cual me siento orgulloso en pertenecer y aportar con mi juicio, que espero impulse y aporte al mejoramiento continuo de este emprendimiento.

La Revista Industrial 4.0 en su número 8, tiene artículos variados y renovados que son la imagen de la carrera de Ingeniería Industrial al mundo científico, principalmente vinculado al surgimiento y mejoramiento de sistemas productivos.

Mgp. Ing. Lucio Grover Sánchez Eid

Director del Instituto de Investigaciones Amazónicas

LIBERANDO EL POTENCIAL DE LA QUINUA: EXPLORANDO EL PAPEL DE LA INNOVACIÓN Y LA TECNOLOGÍA EN EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL

Adilson Rodrigo Flores Fernandez,
ORCID 0000-0001-6731-2015
adilsonflofer@gmail.com

Recibido: 31 de enero; aprobado: 6 de marzo

RESUMEN

Este artículo examina el papel de la innovación y la tecnología en el procesamiento industrial de la quinua, un grano altamente nutritivo y versátil, además de normativas técnicas que guían la calidad del mismo. Sin embargo, su procesamiento industrial presenta desafíos que limitan su potencial, puede comenzar desde el modelo de obtención de quinua en grano o debido a las maquinarias y equipos a utilizar ya que esto requiere una inversión y considerar además que el precio de venta de la quinua fluctúa constantemente en especial en los últimos 2 años. Además, para aprovechar al máximo su potencial, es necesario contar con un procesamiento industrial eficiente. En este artículo, se explorará el papel de la innovación y la tecnología en el procesamiento industrial de granos, centrándonos en la quinua y factores clave además para obtener productos derivados.

PALABRAS CLAVE: 1. Quinua 2. Innovación 3. Tecnología 4. Procesamiento 5. Granos 6. Industria

ABSTRACT

This article examines the role of innovation and technology in the industrial processing of quinoa, a highly nutritious and versatile grain, as well as technical regulations that guide its quality. However, its industrial processing presents challenges that limit its potential, it can start from the model of obtaining quinoa in grain or due to the machinery and equipment to be used since this requires an investment and also consider that the sale price of quinoa It fluctuates constantly

especially in the last 2 years. Furthermore, to take full advantage of its potential, efficient industrial processing is necessary. In this article, the role of innovation and technology in industrial grain processing will be explored, focusing on quinoa and key factors to obtain derived products.

KEY WORDS: 1. Quínoa 2. Innovation 3. Technology 4. Processing 5. Grains 6. Industry

1. INTRODUCCION

El procesamiento de cereales es una etapa crucial en la cadena de suministro de alimentos. Consiste en transformar los granos en productos listos para el consumo, como harinas, aceites o cereales para el desayuno. El objetivo principal del procesamiento es mejorar la calidad de los granos y hacerlos más seguros y accesibles para el consumo humano. Además, el procesamiento industrial permite la producción a gran escala, lo que es fundamental para satisfacer la demanda creciente de alimentos en todo el mundo.

A pesar de sus beneficios, su procesamiento industrial ha sido un obstáculo para su comercialización a gran escala. En este artículo, se explorará cómo la innovación y la tecnología pueden desempeñar un papel crucial en el desbloqueo del potencial de la quinua.

La quinua utilizada es proveniente de los alrededores del salar de Uyuni en el departamento de Potosí, para determinar las características como tal, se hará uso de normativas descritas en la tabla N°1.

Tabla N° 1. Norma técnicas bolivianas para la calidad de la quinua

Norma	Código	Titulo
NB/NA	0032-2007	Granos Andinos-Pseudo cereales- Quinua en grano-Definiciones

NB/NA	0038-2007	Granos Andinos-Pseudo cereales- Quinoa en grano-Clasificación y Requisitos
NB/NA	0039-2007	Granos Andinos-Pseudo cereales- Hojuelas de quinoa-Requisitos
NB/NA	18004-2009	Granos Andinos-Pseudo cereales- Harina de quinoa-Requisitos

Fuente: Normateca IBNORCA- Programa NOREXPORT

2. METODOLOGÍA

El presente artículo se realizó bajo el método de investigación cuali-cuantitativa con un enfoque de método inductivo ya que en base a casos particulares se plantearán hipótesis. Los resultados mostrados serán de tal manera que el lector pueda entender las diferentes perspectivas y variables a considerar, para comprender el potencial de la quinoa con apoyo de la innovación y la tecnología, como un factor fundamental para el futuro.

3. DESARROLLO

El procesamiento de la quinoa es una etapa crucial en la cadena de suministro de alimentos, consiste en transformar los granos en productos listos para el consumo, como harinas y productos derivados. El objetivo principal del procesamiento es mejorar la calidad de los granos y hacerlos más seguros y accesibles para el consumo humano. Además, el procesamiento industrial permite la producción a gran escala, lo que es fundamental para satisfacer la demanda creciente de alimentos en todo el mundo.

- **El papel de la innovación y la tecnología en mejorar la eficiencia del procesamiento de granos**

La innovación y la tecnología desempeñan un papel crucial en la mejora de la eficiencia del procesamiento de granos. A medida que avanza la tecnología, se

desarrollan nuevas técnicas y maquinarias que permiten realizar el procesamiento de manera más rápida, precisa y rentable. Esto se traduce en una mayor productividad y menor desperdicio de materias primas.

Uno de los avances más importantes en el procesamiento industrial de granos es la automatización y la robótica. Estas tecnologías permiten realizar tareas repetitivas y de alta precisión de manera más eficiente y segura. Por ejemplo, en el caso de la quinua, se han desarrollado máquinas que pueden separar las semillas de la cáscara de manera automática, acelerando así el proceso de limpieza y preparación de los granos.

- **Avances en maquinaria de procesamiento industrial de granos**

La maquinaria de procesamiento industrial de granos ha experimentado avances significativos en las últimas décadas. Las máquinas modernas son más eficientes, versátiles y fáciles de usar. Por ejemplo, los molinos de quinua ahora cuentan con sistemas de molienda más precisos y ajustables, lo que permite obtener harinas de diferentes granulometrías según las necesidades del mercado. Además, se han desarrollado equipos de secado más eficientes, que permiten reducir el tiempo de procesamiento y mejorar la calidad de los granos.

Otro avance importante en la maquinaria de procesamiento de granos es la capacidad de realizar múltiples tareas en un solo equipo. Por ejemplo, existen máquinas que pueden limpiar, clasificar y empacar los granos en un solo proceso, lo que ahorra tiempo y reduce los costos de producción. Estas innovaciones tecnológicas han revolucionado la forma en que se procesan los granos en la industria alimentaria.

- **Automatización y robótica en las plantas de procesamiento de granos**

La automatización y la robótica han transformado la forma en que se lleva a cabo el procesamiento de granos en las plantas industriales. Estas tecnologías permiten realizar tareas repetitivas y de alta precisión de manera más eficiente y segura. Por ejemplo, se han desarrollado robots que pueden realizar la limpieza y el

empaquetado de los granos de manera automatizada, lo que reduce la necesidad de mano de obra humana y minimiza el riesgo de contaminación.

Además de mejorar la eficiencia, la automatización y la robótica también pueden mejorar la calidad de los productos terminados. Los sistemas de control automático permiten monitorear y ajustar los parámetros de procesamiento en tiempo real, lo que garantiza que los granos se procesen de acuerdo con los estándares de calidad establecidos. Esto es especialmente importante en el caso de la quinua, que requiere un procesamiento cuidadoso para preservar sus propiedades nutricionales y organolépticas.

- **Mejora de la calidad de los granos debido a los avances tecnológicos**

Los avances tecnológicos han permitido mejorar la calidad de los granos en el procesamiento industrial. Por ejemplo, se han desarrollado máquinas de selección óptica que utilizan cámaras y sensores para identificar y eliminar granos dañados o contaminados. Esto garantiza que los productos finales sean seguros y estén libres de impurezas.

Además, la tecnología de secado ha avanzado significativamente en los últimos años. Los nuevos equipos de secado permiten controlar con precisión la temperatura y la humedad durante el proceso, lo que evita la formación de hongos y bacterias y garantiza la conservación de los nutrientes en los granos.

- **Desafíos y soluciones en el procesamiento industrial de cereales**

A pesar de los avances tecnológicos, el procesamiento industrial de cereales todavía enfrenta algunos desafíos. Uno de los principales desafíos es la variabilidad de los granos. Los granos pueden tener diferentes tamaños, formas y características físicas, lo que dificulta su procesamiento uniforme. Para abordar este desafío, se están desarrollando técnicas de clasificación y separación más avanzadas, que permiten seleccionar y procesar los granos de manera más precisa.

Otro desafío importante es el control de la calidad y la seguridad alimentaria. Los granos pueden estar contaminados con microorganismos patógenos o residuos químicos, lo que representa un riesgo para la salud pública. Para garantizar la seguridad de los productos finales, se están implementando sistemas de control de calidad más rigurosos, que incluyen pruebas microbiológicas y análisis de residuos.

- **Estudios de caso de innovación exitosa en el procesamiento de granos**

Existen numerosos ejemplos de innovación exitosa en el procesamiento de granos. Un caso destacado es el desarrollo de nuevas variedades de quinua con características mejoradas, como mayor rendimiento y resistencia a enfermedades. Estas variedades permiten aumentar la producción de quinua y mejorar su calidad nutricional.

Otro ejemplo es el uso de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en el procesamiento de granos. Estas tecnologías permiten analizar grandes cantidades de datos para identificar patrones y tendencias, lo que ayuda a optimizar los procesos de producción y mejorar la eficiencia.

- **Tendencias futuras en el procesamiento industrial de granos**

El procesamiento industrial de granos seguirá evolucionando en el futuro. Se espera que la tecnología continúe avanzando y que se desarrollen nuevas técnicas y maquinarias más eficientes y sostenibles. Algunas de las tendencias futuras en el procesamiento de granos incluyen:

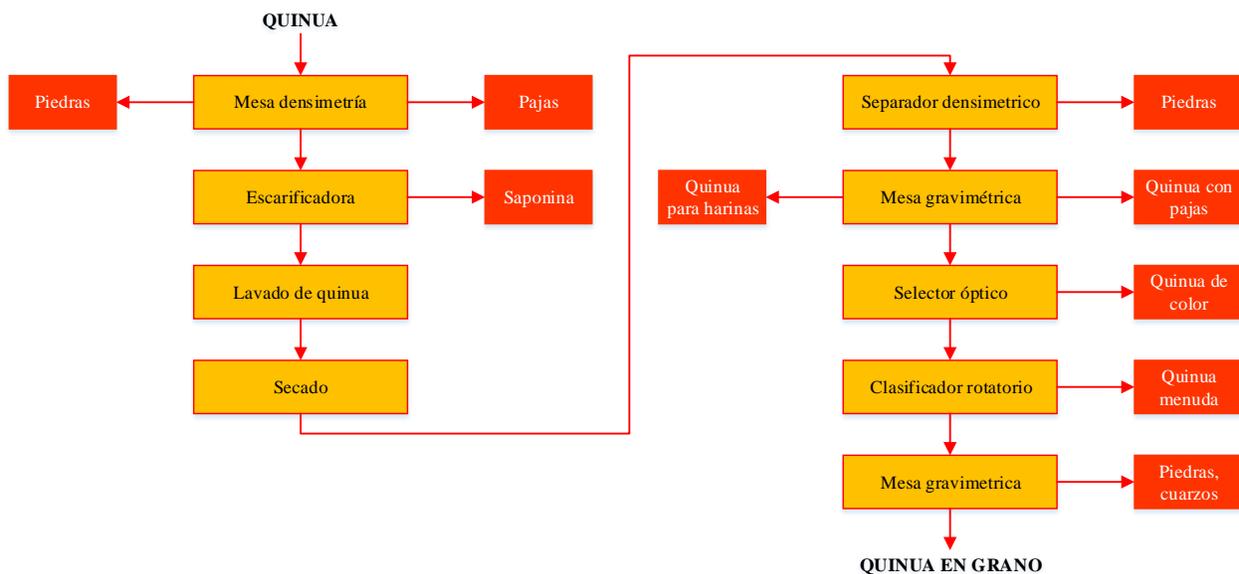
- Desarrollo de técnicas de procesamiento en frío que preserven mejor los nutrientes y las propiedades organolépticas de los granos.
- Uso de nanotecnología para mejorar la eficiencia de los procesos de molienda y extracción de aceites.
- Implementación de sistemas de trazabilidad y etiquetado inteligente que permitan rastrear el origen y la calidad de los granos a lo largo de toda la cadena de suministro.

- Uso de energías renovables en los procesos de secado y cocción.
- Aplicación de técnicas de biotecnología para mejorar la calidad y la resistencia de los granos.

4. Análisis y evaluación de los resultados obtenidos

El proceso para la obtención de la quinua varía dependiendo la cantidad de recursos como mano de obra y maquinaria disponible, pero con maquinaria y equipo tecnológico convencional o automatizada se puede realizar de la siguiente manera:

Grafica N°1. Proceso productivo para la obtención de grano de quinua



Fuente: Elaboración propia en base a observaciones

Se debe iniciar desde el proceso de siembra, cosecha y “beneficiado” del grano.

- En la siembra y cosecha depende principalmente del clima de la zona.
- En el proceso de obtención de la quinua en grano, conlleva subprocesos en donde existen puntos de control de calidad específicos, siendo estos a continuación:

1) Inicialmente la quinua se carga en silos, donde aquí comienza el proceso

industrial, siendo el primero donde se extrae la saponina y contaminantes tales como piedras grandes, eses, pajas grandes y demás.

- 2) Se manda el grano sin excesiva cantidad de contaminantes, a un proceso de lavado, donde la quinua entra en tanques de agua, que por diferencia de densidades las piedras salen a flote donde además de que se extrae los residuos de saponina
- 3) Posterior al lavado, la quinua se debe secar hasta alcanzar la humedad requerida
- 4) Ahora pasa la quinua seca por un elevador densimétrico donde se extrae las piedras de menor tamaño
- 5) Posterior a ello, pasa a una mesa gravimétrica donde se clasifica la quinua con paja y de menor tamaño.
- 6) A continuación, se selecciona con un separador óptico los granos de color
- 7) Finalmente pasa por un clasificador rotatorio donde se separa la quinua menuda, para obtener finalmente la quinua en grano

Los requisitos **bromatológicos** que deben cumplir los granos de quinua se especifican en la tabla

Tabla 2: Requisitos bromatológicos de los granos de quinua

Requisitos	Unidad	Valores		Método de ensayo
		Min	Max	
Humedad	%		13,5	AOAC 945.15
Proteínas	%	10		AOAC 992.23
Cenizas	%		3,5	AOAC 32.1.05
Grasa	%	4,0		AOAC 945.38 – 920.39C
Fibra cruda	%	3,0		AOAC 945.38 – 962.09 E
Saponinas	Mg/100g		120	Método de la espuma

Fuente: IBNORCA-NOREXPORT

Los requisitos **microbiológicos** que deben cumplir los granos de quinua son los indicados en la tabla 5

Tabla 3: Requisitos microbiológicos de la quinua

Microorganismos	n	c	m	M	Método de ensayo
Recuento de aerobios mesofilos UFC/g	3	1	200000	300000	AOAC 990.12
Recuento de coliformes totales UFC/g	3	1	100	1000	ISO 4831
Detección de <i>E. coli</i> /g	3	0	Ausencia	-	AOAC 996.09
Detección de <i>Salmonella</i> /25 g	3	0	Ausencia	-	AOAC 967.25
Recuento de mohos y levaduras UFC/g	3	1	3000	5000	AOAC 997.02
Recuento de <i>Staphylococcus aureus coagulosa positiva</i> UFC/g	3	1	-	-	AOAC 975.55
Recuento de <i>Basillus cereus</i> UFC/g	3	1	15	150	AOAC 980.31

Fuente: IBNORCA-NOREXPORT

Dónde: n = número de muestras que se van a examinar

c = número máximo de muestras permitidas entre m y M

m = índice máximo permisible para indicar el nivel de buena calidad

M = índice máximo permisible para indicar el nivel de calidad aceptable

El grado de los granos de quinua, se determina por los valores porcentuales de las características, indistintamente de la clasificación por su tamaño:

Tabla 4: Tolerancias admitidas para la clasificación de los granos de quinua en función a su grado

Características	Unidad	Grado 1		Grado 2		Grado 3	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Granos enteros	%	96		90		86	
Granos quebrados	%		1,5		2,0		3,0
Granos dañados	%		1,0		2,5		3,0
Granos de color	%		1,0		2,0		3,0
Granos inmaduros	%		0,5		0,7		0,7
Impurezas totales	%		0,25		0,30		0,35
Piedrecillas en 100 g	U/100 g		Ausencia		Ausencia		Ausencia
Variedades contrastantes	%		1,0		2,0		2,5
Insectos (partes de larvas)	%		Ausencia		Ausencia		Ausencia

Fuente: IBNORCA-NOREXPORT

También para determinar el tamaño del grano se debe considerar lo siguiente:

Tabla 5: Determinación del tamaño de los granos de quinua en función del diámetro promedio

Tamaño de los granos	Diámetro promedio de los granos (mm)	Malla (ASTM)
----------------------	--------------------------------------	--------------

Extra grande	Mayores a 2.0	85% retenido en la malla 10
Grandes	Entre 2.0 a 1.70	85% retenido en la malla 12
Medianos	Entre 1.7 a 1.4	85% retenido en la malla 14
Pequeños	Menores a 1.40	85% retenido en la malla 14

Fuente: IBNORCA-NOREXPORT

Ya para un proceso derivado como la obtención de harinas o ya para hacer panes, galletas, tortillas, pasteles, muffins y otros productos horneados; se debe considerar lo siguiente como variables que darán una calidad diferente del producto final:

- Tamaño de la malla del molino (Harinas)
- Humedad del grano que entra a molino

Además, como se mencionó anteriormente la quinua en grano después se puede convertir en hojuelas, para lo cual también se debe seguir un sub-proceso

- 1) Humidificar la quinua ya sea con vaporizadores, con agua caliente o fría,
- 2) Posterior a ello, se debe pasar a un proceso de laminadora, donde se obtiene la hojuela como tal
- 3) Finalmente pasa a un proceso de secado hasta obtener la humedad requerida y tamizando al finalizar para obtener una menor cantidad de harina fina de hojuela

Para el primer caso donde se humedece la quinua con vaporizadores se tendrá una hojuela de mejor calidad que las demás, pero también se tiene una mayor inversión de tiempo, en comparación se tiene la siguiente tabla en comparación cualitativa donde la medición se da en base a 5 niveles donde 1 es menor y 5 es mayor:

Tabla 6: Comparativa entre variables para la obtención de hojuela

	Vaporizadores	Agua Caliente	Agua fría
Tiempo	1	2	1

Recursos	4	2	2
Calidad	5	4	3,5
	95% de eficacia 65% de eficiencia	85% de eficacia 70% de eficiencia	75% de eficacia 85% de eficiencia

Fuente: IBNORCA-NOREXPORT

Para el proceso con vaporizador se necesita un tiempo en el equipo de 25 minutos, y al ser por un vaporizador se garantiza que la humedad en la quinua penetre más profundo ya que si bien el grano se humedeció se debe esperar hasta no tener grumos en la quinua y posterior a eso, se debe laminar siendo una variable principal el flujo de la laminadora, para finalmente llevarlo a un proceso de secado de la hojuela.

Las hojuelas de quinua deberán cumplir con los requisitos **físico-químicos** especificados a continuación:

Tabla 7: Requisitos físico-químicos para hojuelas de quinua

Requisitos	Unidad	Valores		Método de ensayo
		Min	Max	
Humedad	%		13,5	AOAC 945.15
Proteínas	%	10		AOAC 992.23
Cenizas	%		3,5	AOAC 32.1.05
Grasa	%	4,0		AOAC 945.38 – 920.39 C
Fibra cruda	%	2,0		AOAC 945.38 – 962.09 E

Fuente: IBNORCA-NOREXPORT

Los requisitos **microbiológicos** que debe cumplir las hojuelas de quinua están establecidos en la tabla 7

Tabla 8: Requisitos microbiológicos de la hojuela de quinua

Microorganismos	n	c	m	M	Método de ensayo
Recuento de aerobios mesofilos UFC/g	3	1	200000	300000	AOAC 990.12
Recuento de coliformes totales UFC/g	3	1	100	1000	ISO 4831
Detección de <i>E. coli</i>/g	3	0	Ausencia	-	AOAC 996.09
Detección de Salmonella/25 g	3	0	Ausencia	-	AOAC 967.25
Recuento de mohos y levaduras UFC/g	3	1	3000	5000	AOAC 997.02
Recuento de <i>Staphylococcus aureus coagulosa positiva</i> UFC/g	3	1	<>	-	AOAC 975.55

Fuente: IBNORCA-NOREXPORT

Dónde:

n = número de muestras que se van a examinar

c = número máximo de muestras permitidas entre m y M

m = índice máximo permisible para indicar el nivel de buena calidad

M = índice máximo permisible para indicar el nivel de calidad aceptable

5. Discusión

El procedente de la quinua es un factor clave para la calidad del grano a obtener, ya que actualmente dependiendo el tamaño del mismo se puede tener un proceso más rápido o más lento.

Además, un factor clave será el grado de desarrollo tecnológico y el control de calidad en el proceso productivo como un factor clave.

Por ende, se debe considerar que además dependiendo la proveniencia de la quinua se describen los cinco grupos de quinua de acuerdo a Lescano (1989) y a Tapia (1990):

1) Quinuas de nivel del mar: Se han encontrado en las zonas de Linares y Concepción (Chile) a 36° de Latitud Sur. Son plantas más o menos robustas, de 1 a 1.4 m de altura, de crecimiento ramificado, producen granos de color crema transparente (tipo Chullpi). Estas quinuas guardan gran similitud con la *Chenopodium nuttalliae* (Huahzontle) que se cultiva en forma aislada en México a 20° de Latitud Norte.

2) Quinuas de valles interandinos: Son las que se adaptan entre 2500 a 3500 m.s.n.m., se caracterizan por su alto desarrollo hasta 2.5 m o más de altura y con muchas ramificaciones, tienen inflorescencia laxa y normalmente presentan resistencia al mildiu (*Peronospora farinosa*).

3) Quinuas de altiplano: Se desarrollan en áreas mayores como cultivos puros o únicos entre los 3600 a 3800 m.s.n.m. que corresponde a la zona del altiplano peruano-boliviano; en esta área se encuentra la mayor variabilidad de caracteres y se producen los granos más especializados para uso. Las plantas crecen con alturas entre 0.5 a 1.5 m, con un tallo que termina en una panoja principal y por lo general compacta. En este grupo es donde se encuentra el mayor número de variedades mejoradas y también los materiales más susceptibles al mildiu cuando son llevados a zonas más húmedas.

4) Quinuas de salares: Son las que crecen en las zonas de los salares al sur del altiplano boliviano, la cual es la zona más seca con 300 mm de precipitación. La quinua se cultiva como cultivo único a distancias de 1m x 1m y en hoyos para aprovechar mejor la escasa humedad. Son quinuas con el mayor tamaño de grano (> a 2,2 mm de diámetro), se las conoce como "Quinua Real" y sus granos se caracterizan por presentar un pericarpio grueso y con alto contenido de saponina.

5) Quinuas de los yungas: Es un grupo reducido de quinuas que se han adaptado a las condiciones de los Yungas de Bolivia a alturas entre los 1500 y 2000 m.s.n.m., y se caracterizan por ser de desarrollo algo ramificado, alcanzan alturas de hasta 2.20 m. Son plantas verdes y cuando están en floración, toda la planta se torna de una coloración anaranjada

Al estudiar la variabilidad genética de la colección de quinua se han determinado los siguientes parámetros de importancia (Rojas et al. 2001; Rojas 2003; Rojas 2008):

- El color de la planta antes de la floración varía ente verde, púrpura, mixtura y rojo;
- El color de la planta a la madurez fisiológica presenta varios colores intermedios entre blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café y negro;
- La forma de panoja varía entre amarantiforme, glomerulada e intermedia;
- La densidad de la panoja varía entre compacta, laxa e intermedia;
- El color del grano varía ente blanco, crema, amarillo, naranja, rosado, rojo, púrpura, café, negro, identificándose hasta 66 colores de grano (Cayoja 1996);
- El ciclo vegetativo varía entre 110 a 210 días;
- El rendimiento de grano por planta es de 48 a 250 g;
- El diámetro del grano varía entre 1.36 a 2.66 mm;
- El peso de 100 granos varía entre 0.12 a 0.60 g;
- El contenido proteico del grano es de 10.21 a 18.39%;
- El diámetro de gránulo de almidón varía de 1.5 a 22 μ .

6. Conclusiones

En conclusión, la innovación y la tecnología desempeñan un papel crucial en el procesamiento industrial de granos, incluida la quinua. Estas nuevas tecnologías permiten mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de los procesos de producción.

La utilidad de las normas radica en que su aplicación permite estandarizar la calidad de los productos contribuyendo a un intercambio comercial fluido, además de eliminar posibles barreras arancelarias.

Además, se espera que el procesamiento de granos siga evolucionando en el futuro, con nuevas tendencias y avances tecnológicos que mejorarán aún más la industria. Es fundamental que la industria alimentaria siga invirtiendo en investigación y desarrollo para aprovechar al máximo el potencial de la quinua y otros cereales, y así garantizar una alimentación saludable y sostenible para todos.

Considerando que también con el uso de la tecnología y nuevos modelos de obtención de quinua en grano se tiene un mayor volumen de producción, por ende, influye en el crecimiento de la misma industria, además que el invertir en tecnología si es que ya se tiene un mercado solido beneficiará también en la reducción de costos, lo cual a su vez coadyuvará en la pronta recuperación de las inversiones y posterior a ello tener ganancias mayores en comparación

7. Agradecimiento

Agradezco a mi querida carrera: Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A.), a mi familia, mis señores padres: Héctor Flores Chura, Ángela Guadalupe Fernández y a mi hermana: Karen Geraldine Flores Fernández por el apoyo que me brindan en cada proyecto en el que me presento. Además, agradecer a Ph D. Ing. Oswaldo Terán por enseñarme que en un proyecto cada detalle es valioso en el todo.

8. Bibliografía

- ❖ NOREXPORT-Bolivia. (2008). Normas Técnica y Guías de Implementación de Normas del Sector Quinua – Compendio. IBNORCA. La Paz-Bolivia.

- ❖ Soto, José Luis. (2008). Apoyo en la elaboración de normas técnicas para la quinua y productos procesados. Fundación PROINPA-Mcknight, IBNORCA.
- ❖ Soto, José Luis. (2009). La Importancia de la Normalización en el Contexto de los Granos Alto andinos (quinua, cañahua y amaranto). IBNORCA.
- ❖ IDMA (2016) Manual tecnológico de producción agroecológica de quinua.
- ❖ Tapia, M. (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO.
- ❖ Lopez M., Capparelli A., Nielsen A. (2012) Procesamiento post-cosecha de granos de Quínoa (*Chenopodium quínoa*, *Chenopodiaceae*) en el período prehispánico tardío en el norte de Lípez (Potosí, Bolivia)
- ❖ CODEX ALIMENTARIUS (2019) Norma para la quinua CXS 333-2019.
- ❖ NB 312032 (2006) Determinación del valor energético de la quinua en grano.
- ❖ Apuntes Ing. Oswaldo Terán Modregón Materia: Control estadístico de la calidad Carrera: Ing. Industrial (U.M.S.A.)



Todos los Derechos Reservados
Carrea de Ingeniería Industrial, Noviembre - 2023
La Paz - Bolivia

Carrera de Ingeniería Industrial
Acreditada al Sistema ARCU-SUR, del MERCOSUR Educativo

Carrera de Ingeniería Industrial
Unidad Académica Acreditada
Comite Ejecutivo de la Universidad Boliviana

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175
Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingenieria
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402

Campus Universitario - Cota Cota, calle 30

Web: industrial.umsa.bo
Email: ingindustrial@umsa.bo
revistaindustrial4.0@umsa.bo

industrial.umsa.bo / iiifi.umsa.bo / inuisiso.umsa.bo / iniam.umsa.bo



*Carrera de Ingeniería Industrial
85 Años Formando
Profesionales Exitosos*

Bodas de Marmol

85

Años