

PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICA Y MICROESTRUCTURA DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA WILLD.) PARA USO AGROINDUSTRIAL

Data de aceite: 02/05/2024

Ronald Astete Tebes

Universidad Nacional del Altiplano Puno

RESUMEN: En este estudio, se investigó la relación entre la capacidad de adsorción de agua y diversas características de siete variedades de quinua, con el objetivo de transformarlas en hojuelas crudas y destacar su potencial agroindustrial. La capacidad de adsorción de agua se evaluó en 10 puntos de actividad de agua mediante cuatro ecuaciones matemáticas, destacando el modelo de Oswin como el más adecuado. Las propiedades físicas se analizaron a través de imágenes, revelando que la variedad Illpa tiene granos más grandes, mientras que Kancolla, Salcedo, Altiplano y Pasankalla presentan granos medianos, y Negra Collana y Choclo Rosado, granos más pequeños. La propiedad mecánica se evaluó con un texturómetro, demostrando que la fuerza máxima ejercida por las variedades de quinua varía en un rango específico. La microestructura se examinó mediante microscopía electrónica de barrido, observando la disposición de almidones en relación con la actividad de agua y su impacto en la resistencia mecánica y el

proceso de elaboración de hojuelas crudas. Los resultados destacaron la variedad Salcedo INIA como la más propicia para la producción de hojuelas de quinua. Este análisis integral proporciona información valiosa para el sector agroindustrial, identificando características clave que influyen en la calidad de las hojuelas de quinua y resaltando la importancia de seleccionar variedades específicas para optimizar los procesos de transformación.

PALABRAS-CLAVE: quinua, isotermas, microestructura, resistencia mecánica

PHYSICAL, MECHANICAL AND MICROSTRUCTURE PROPERTIES OF QUINOA (CHENOPODIUM QUINOA WILLD.) FOR AGROINDUSTRIAL USE

ABSTRACT: In this study, the relationship between water adsorption capacity and various characteristics of seven varieties of quinoa was investigated, with the aim of transforming them into raw flakes and highlighting their agroindustrial potential. The water adsorption capacity was evaluated at 10 water activity points using four mathematical equations, highlighting the Oswin model as the most appropriate. The physical properties were analyzed through

images, revealing that the Illpa variety has larger grains, while Kancolla, Salcedo, Altiplano and Pasankalla have medium grains, and Negra Collana and Choclo Rosado have smaller grains. The mechanical property was evaluated with a texturometer, demonstrating that the maximum force exerted by quinoa varieties varies in a specific range. The microstructure was examined by scanning electron microscopy, observing the arrangement of starches in relation to water activity and its impact on the mechanical strength and the raw flake production process. The results highlighted the Salcedo INIA variety as the most suitable for the production of quinoa flakes. This comprehensive analysis provides valuable information for the agribusiness sector, identifying key characteristics that influence the quality of quinoa flakes and highlighting the importance of selecting specific varieties to optimize transformation processes.

KEYWORDS: quinoa, isotherms, microstructure, mechanical resistance

INTRODUCCIÓN

Perú destaca como uno de los principales productores y exportadores mundiales de quinua. En 2017, las exportaciones alcanzaron los 70,4 millones de dólares, con un valor promedio de U \$ 4,20 / kg, siendo Estados Unidos el principal destino (63% del total), seguido por Holanda, Alemania y Australia. El 80% de la quinua peruana se cultiva en el altiplano, situado entre 2500 y 4000 metros de altitud (Ataucusi et al., 2023). La capacidad de transformación agroindustrial de cada variedad puede aprovecharse para modificar su forma original, generando productos como las hojuelas crudas de quinua. Este estudio se centra en la capacidad de adsorción de agua, propiedades físicas y mecánicas, contribuyendo al desarrollo de nuevos productos alimenticios basados en quinua. Además, disciplinas como la ingeniería gastronómica, industria farmacéutica y cosmética se benefician al conocer estas propiedades para la presentación y uso adecuado de sus productos (Calcina et al., 2023; Fernandez et al., 2016; Gonzalo et al., 2023). Con la investigación “Relación de la capacidad de adsorción de agua, propiedades físicas, mecánicas y microestructura de siete variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)”, se busca identificar la variedad más adecuada para la elaboración de hojuelas crudas, mejorando así la calidad del producto para beneficio económico y nutricional de la población.

El objetivo principal de este estudio es identificar la variedad de quinua que exhiba las propiedades físicas y textura más óptimas para la producción eficiente de hojuelas crudas. Para lograr esto, se plantea determinar las isotermas de adsorción y seleccionar el modelo matemático más apropiado para describir el comportamiento en diez puntos de actividad de agua (*aw*) en siete variedades de quinua destinadas a la elaboración de hojuelas crudas (Aguilar et al., 2020; Barraza-Jáuregui et al., 2021; Palacios & Agüero, 2023). Además, se busca establecer la relación entre estas isotermas de adsorción y las características de textura, diámetro, área, forma y microestructura de los granos de quinua. Este enfoque específico tiene como finalidad mejorar el proceso de elaboración de hojuelas crudas, contribuyendo así a la optimización de la calidad del producto final y su potencial impacto en la industria agroindustrial y sectores relacionados (Calderón et al., 2018; Perez et al., 2018).

METODOLOGIA

En esta investigación, se emplearon siete variedades de quinua obtenidas del Instituto Nacional de Innovación Agraria - Puno (INIA), entre las cuales se incluyen Salcedo INIA, Illpa INIA, Pasankalla, Negra Collana, Kankolla, Rosado Choclo de Taraco y Altiplano. Asimismo, se utilizaron diez reactivos de sales saturadas con distintos pesos moleculares y actividades de agua (Amasifuen & Fiorella, 2019; Erazo et al., 2021; Quenta et al., 2021).

En términos de equipamiento, se utilizaron una diversidad de herramientas, como un secador a 150 grados, una balanza analítica (Metler Tolado PB3002-S), pipetas de 10 ml, lunas de reloj, recipientes, probetas de 100 y 250 ml, vasos de vidrio de 20 ml, una cocina eléctrica, baldes de 5 litros, un colador y un texturómetro TA.XT Plus con capacidad de fuerza de 50 kg (500N). Además, se implementó un sistema de adquisición de imágenes de la Universidad Nacional del Altiplano Puno y un microscopio electrónico ambiental de barrido SEM. La metodología para la determinación de isothermas de adsorción consistió en equilibrar las variedades de quinua con diez soluciones salinas saturadas, realizando mediciones periódicas de peso hasta alcanzar un equilibrio constante para cada punto de actividad de agua (*aw*) (Flores & Rodríguez, 2022; Galecio-Julca et al., 2023; Sucasaca, 2023). En cuanto a la resistencia mecánica, se llevó a cabo mediante ensayos de compresión en un texturómetro TA.XT Plus, utilizando tres niveles de humedad distintos. Se registraron la fuerza máxima ejercida y el punto de fracturabilidad. Las propiedades físicas se evaluaron midiendo el diámetro equivalente, área y esfericidad de los granos utilizando un sistema de adquisición de imágenes con una cámara digital y regla milimétrica (Feijó et al., 2019; González et al., 2023).

En el proceso de determinación de las isothermas de adsorción, se utilizó un enfoque basado en diez soluciones salinas saturadas, cada una caracterizada por un peso molecular y actividad de agua específicos. La selección de estos reactivos permitió establecer un rango amplio de condiciones que reflejaran distintos puntos de actividad de agua (*aw*) en las muestras de quinua. Se implementó un diseño experimental cuidadoso para equilibrar las variedades con las soluciones salinas, seguido de mediciones periódicas de peso para asegurar un equilibrio constante (Campos et al., 2020; Parra et al., 2019; Romani-Morón et al., 2019). La resistencia mecánica de las variedades de quinua fue evaluada mediante ensayos de compresión utilizando un texturómetro TA.XT Plus. Estos ensayos se realizaron con tres niveles de humedad diferentes para cada variedad, utilizando una célula de compresión circular de 6 mm de diámetro. Se registraron tanto la fuerza máxima ejercida como el punto de fracturabilidad, proporcionando así datos cuantitativos sobre la respuesta mecánica de las muestras (Lozano et al., 2020; Velásquez et al., 2019).

La evaluación de las propiedades físicas incluyó la medición del diámetro equivalente, área y esfericidad de los granos de quinua. Para ello, se utilizó un sistema de adquisición de imágenes con una cámara digital D7000 4F – S DX y una regla milimétrica. Este enfoque permitió obtener información detallada sobre las características morfológicas de los granos en relación con diferentes niveles de humedad (Chunque et al., 2019; Pinday, 2023). La microestructura de las quinuas se examinó a través de un microscopio electrónico ambiental de barrido SEM. Se fraccionaron longitudinalmente las muestras y se llevaron al microscopio para observar la conformación del empaquetamiento de los almidones dentro del endocarpio (Cerdeña-Mejía et al., 2017; Soto, 2023). Este análisis se realizó a diversos aumentos, proporcionando una visión detallada de la estructura interna de los granos y su relación con la actividad de agua de cada variedad (Castro-Albán et al., 2023; Robles, 2023; Ruíz & Campos, 2023).

En conjunto, estos métodos permitieron obtener datos exhaustivos sobre las propiedades de las variedades de quinua en términos de adsorción de agua, resistencia mecánica, propiedades físicas y microestructura, brindando así una base sólida para la identificación de la variedad más adecuada para la producción de hojuelas crudas.

RESULTADOS

VARIETADES	VALOR DE LA MONOCAPA GAB
Altiplano	0.06779667
Illpa INIA	0.09336373
Kancolla	0.06527953
Pasankalla	0.04881204
Salcedo	0.0473735
Negra Collana	0.08157217
Rosado choclo taraco	0.06779667

Tabla 11. Resumen del valor del mono capa para las Ecuaciones matemáticas de GAB.

VARIETADES	Fuerza máxima ejercida (N)			
	aw 0	aw 0.112	aw 0.741	aw 0.979
Altiplano	75.75 N	68.385 N	63.374 N	51.588 N
Illpa INIA	62.605 N	59.228 N	51.73 N	48.24 N
Kankolla	63.392 N	47.806 N	38.397 N	34.504 N
Negra Collana	48.159 N	44.394 N	40.882 N	39.519 N
Pasankalla	100.903 N	94.976 N	88.031 N	59.369 N
Rosado Choclo	41.462 N	38.76 N	38.008 N	33.833 N
Salcedo	55.773 N	49.292 N	48.423 N	38.935 N

Tabla 12. Resultados de la fuerza máxima ejercida por el instrumento TA-XT Plus para el quiebre de siete variedades de quinua con tres aw diferentes (0.112, 0.741, 0.979).

Se determinó el área, esfericidad y diámetro equivalente para cada variedad de quinua, las muestras fueron seleccionadas al azar con tres repeticiones cada una. En la tabla 17. Se muestra el resumen de las mediciones de diámetro mayor, diámetro menor y espesor (figura 11), área, diámetro equivalente y forma para granos de siete variedades de quinua con tres puntos de actividad de agua 0.112, 0.749, 0.979.

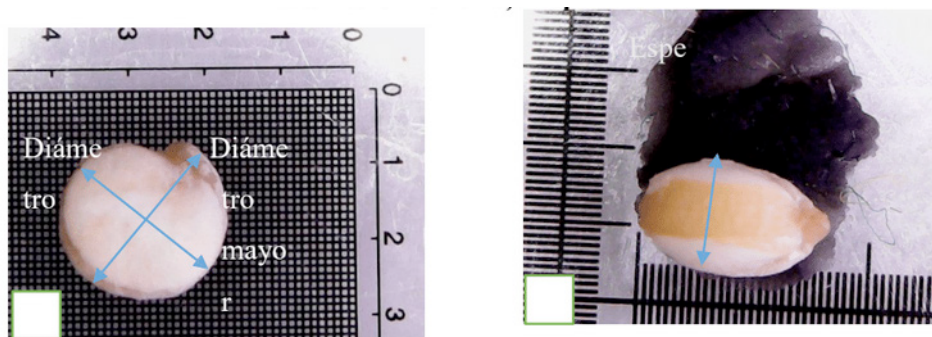


Figura 11 Medición de dimensiones de grano de quinua a). Diámetro mayor, diámetro menor b). Espesor

DIÁMETRO EQUIVALENTE			
Variedades	Aw 0.112	Aw 0.741	Aw 0.979
Pasankalla	1.63	1.67	1.86
Kankolla	1.46	1.59	1.94
Negra collana	1.34	1.42	1.62
Altiplano	1.5	1.55	1.94
Salcedo	1.68	1.68	1.99
Choclo rosado	1.38	1.63	1.74
Illpa INIA	1.75	1.77	1.987

Tabla 14. Diámetros equivalentes para cada variedad de quinua en Tres puntos de actividad de agua diferentes.

La relación de la microestructura con isothermas de adsorción para siete variedades de quinua a tres puntos de aw (0.112, 0.741 y 0.979), se muestran en las siguientes figuras.

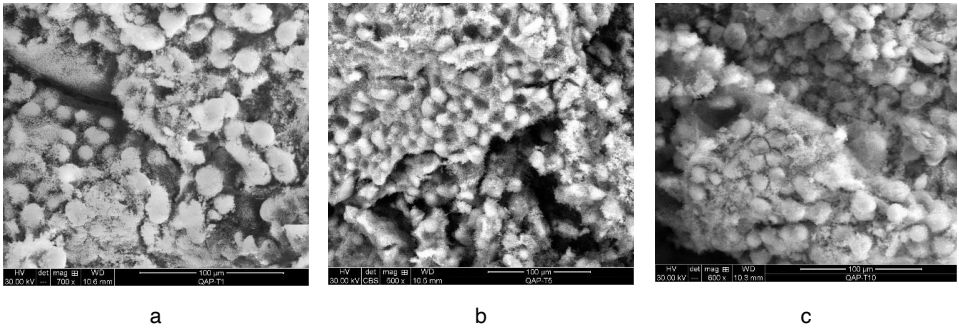


Figura 15. Microestructura de granos de quinua de la Variedad Altiplano INIA. **a)**- Sección interna del endospermo de la Variedad Altiplano INIA con un aw de 0.112, **b)** Sección interna del endospermo de la variedad Altiplano INIA con una aw de 0.741, **c)** Sección interna del endospermo a de la variedad Altiplano INIA con una aw de 0.979.

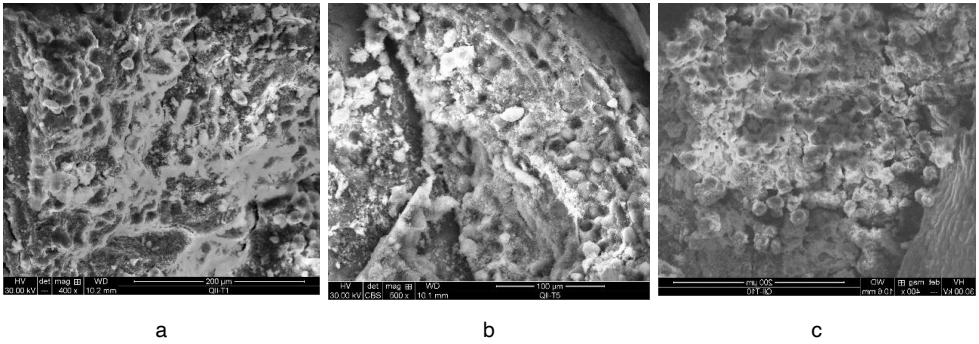


Figura 16. Microestructura de granos de quinua de la Variedad Illpa INIA. **a)**- Sección interna del endospermo de la Variedad Illpa INIA con un aw de 0.112, **b)** Sección interna del endospermo de la variedad Variedad Illpa INIA con una aw de 0.741, **c)** Sección interna del endospermo de la variedad Variedad Illpa INIA con una aw de 0.979.

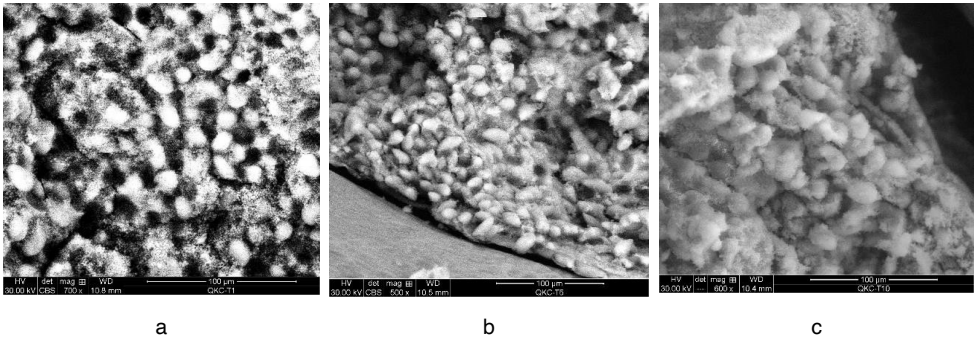


Figura 17. Microestructura de granos de quinua de la Variedad kancolla **a)** Sección interna del endospermo de la Variedad kancolla con un aw de 0.112, **b)** Sección interna del endospermo de la variedad Variedad kancolla con una aw de 0.741, **c)** Sección interna del endospermo de la variedad Variedad kancolla con una aw de 0.979.

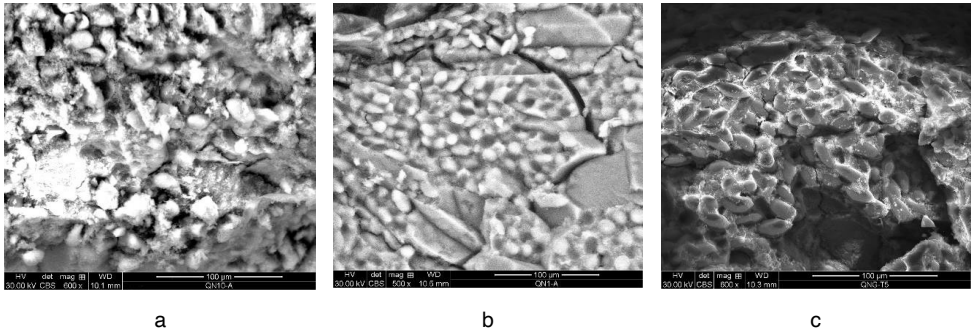


Figura 18. Microestructura de granos de quinua de la Variedad Negra collana **a)** Sección interna del endospermo de la variedad Negra collana con un aw de 0.112, **b)** Sección interna del endospermo de la variedad Negra collana con una aw de 0.741, **c)** Sección interna del endospermo de la variedad Negra collana con una aw de 0.979.

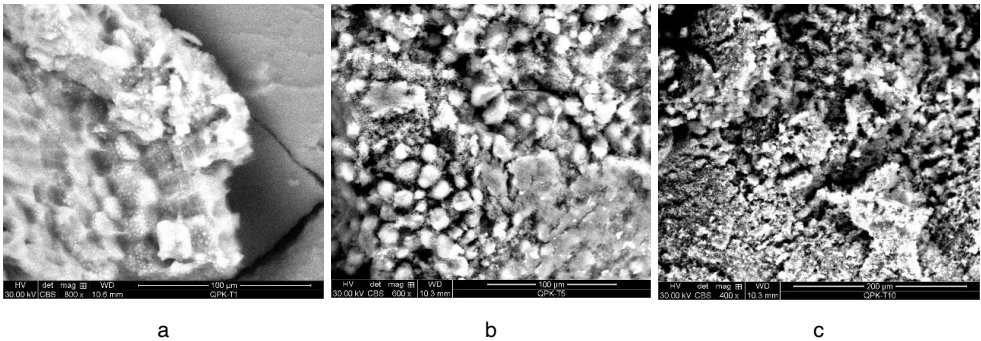


Figura 19. Microestructura de granos de quinua de la Variedad pasankalla **a)** Sección interna del endospermo de la variedad pasankalla con un aw de 0.112, **b)** Sección interna del endospermo de la variedad Pasankalla con una aw de 0.741, **c)** Sección interna del endospermo de la variedad Pasankalla con una aw de 0.979

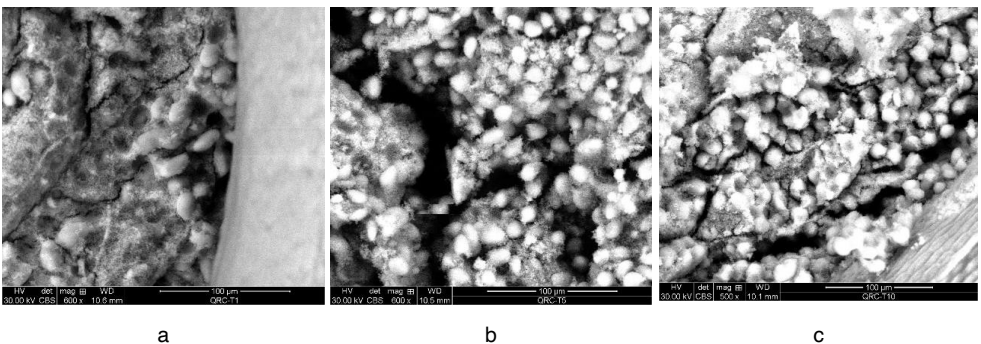


Figura 20. Microestructura de granos de quinua de la Variedad Rosado choclo de Taraco. **a)-** Sección interna del endospermo de la Variedad Rosado choclo de Taraco con un aw de 0.112, **b)** Sección interna del endospermo de la variedad Rosado choclo de Taraco con una aw de 0.741, **c)** Sección interna del endospermo de la variedad Rosado choclo de Taraco con una aw de 0.979.

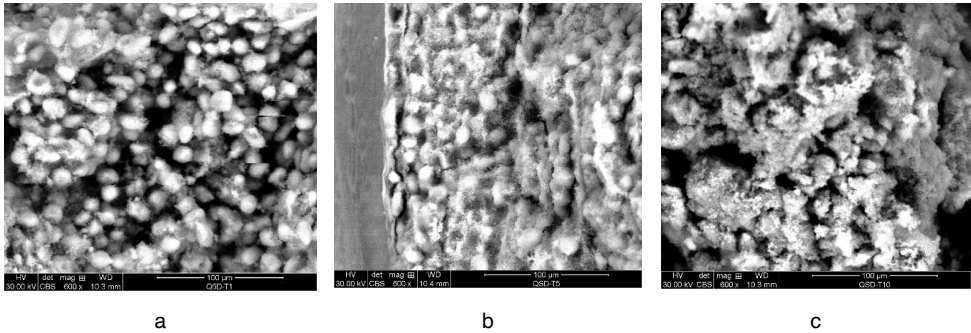


Figura 21. Microestructura de granos de quinua de la Variedad Salcedo INIA. **a)**- Sección interna del endospermo de la Variedad Salcedo INIA con un aw de 0.112, **b)** Sección interna del endospermo de la variedad Salcedo INIA con una aw de 0.741, **c)** Sección interna del endospermo de la variedad Salcedo INIA con una aw de 0.979.

Se observó la conformación del empaquetamiento de los almidones dentro del endocarpio en relación a la aw de cada variedad de quinua. El almidón está organizado en partículas discretas conocidas como gránulos, cuya morfología y estructura son características de cada especie. Se ha reportado que los gránulos pequeños tienen mayor solubilidad en agua y una alta capacidad de adsorción de agua (Shingai, 1988)

Los gránulos de almidón son poligonales de un tamaño superior a 1µm, la mayoría de ellos muy cementados y en la zona de corte de la semilla poco adherida entre sí, con espacios de aire y presencia de gran cantidad de cuerpos proteicos.

El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por gránulos de almidón, es de color blanquecino y presenta prácticamente el 60% de la superficie de la semilla. Las microfotografías, permitieron apreciar las diferencias estructurales encontradas, especialmente en las capas más externas de la episperma y también en la densidad del perisperma

CONCLUSIONES

El modelo que mejor ajusta a las siete variedades de quinua es el modelo de OSWIN, ya que presenta mejores resultados en cuanto a R² y porcentaje de error (%E).

Se ha determinado la propiedad mecánica de siete variedades de quinua con tres puntos de actividad de agua, obteniendo distintos niveles de resistencia mecánica que influye el resultado final de las hojuelas crudas de cada variedad de quinua.

Se determinó el tamaño promedio de los granos de quinua, obteniendo que la variedad Illpa INIA es de tamaño grande, la variedad Negra Collana y Rosado de Taraco es de tamaño pequeño y las demás son de un tamaño mediano.

Se determinó también la forma de los granos de quinua obteniendo que la variedad Pasankalla, Kancolla, Altiplano, Salcedo e Illpa INIA tienen una forma esférica, y en el caso de las variedades rosado choclo de taraco y Negra Collana no son de forma esférica, en la microestructura de los granos de quinua se observó diferencias de la forma del almidón dentro del endocarpio a medida que la actividad de agua aumentaba.

RECOMENDACIONES

Investigar sobre las potencialidades que tiene cada variedad de quinua para así definir la variedad adecuada para cada producto.

Investigar las isotermas de adsorción con diferentes temperaturas y más ecuaciones matemáticas, para obtener resultados más exactos y así seguir con la línea de investigación para diferenciar las potencialidades que tienen cada variedad de quinua.

Investigar sobre las propiedades físicas de la microestructura de almidón de cada una de las variedades de quinua.

Estudiar el efecto de la actividad de agua con las propiedades físico químicas del grano de quinua, para poder definir con exactitud la causa de las diferencias en adsorción de agua.

REFERENCIAS

Aguilar, M. S. E., Aguilar, M. S. E., Miano, A. C., Miano, A. C., Pastor, A. C. M., Obregón, J., Obregón, J., Domínguez, J. O., Barraza-Jáuregui, G., Siche, R., Barraza-Jáuregui, G., Siché, R., Jáuregui, G. B., & Siche, R. (2020). *Barras energéticas a base de quinua, kiwicha y chíá: Características texturales, acústicas y sensoriales*. <https://doi.org/10.18687/laccei2020.1.1.377>

Amasifuen, V., & Fiorella, C. (2019). *Efecto de la proporción de Maíz morado (Zea Mays L.), Quinua (Chenopodium quinoa W.), kiwicha (Amaranthus caudatus L.) en las características fisicoquímicas, y aceptabilidad general de un extruido*. <https://www.semanticscholar.org/paper/882c9a1cfd51f27eac8243c5d7084b9888a233a3>

Ataucusi, Y., Mercado, W., Oliva, R. D. P., Romero, C. E. O., Luna, H., Ortíz, H., & Mogollon, R. (2023). La Eficiencia de la producción de quinua en zonas altoandinas: el caso de Puno-Perú. *Revista Iberoamericana de Estudios Municipales*. <https://doi.org/10.32457/riem27.2047>

Barraza-Jáuregui, G., Barraza-Jáuregui, G., Valderrama-Amasifuen, F., Valderrama-Amasifuen, F., Arteaga, H., Arteaga, H., Flores, A., Flores, A., Obregón, J., & Obregón, J. (2021). Snacks A Base De Maíz Morado, Quinua Y Kiwicha. Características Físicas Y Sensoriales. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/laccei2021.1.1.569>

Calcina, N. O., Ttacca, B. L., Pauro-Flores, L., Borja-Loza, R., Carpio, P. M. del, & Iturregui, L. A. P. (2023). Biofertilización con cepas de trichoderma sp. sobre la nutrición de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) var. Salcedo INIA en invernadero. *Bioagro*. <https://doi.org/10.51372/bioagro352.3>

Calderón, P., Calderón, P., Carlos, J., & Carlos, J. (2018). *Influencia de la adición de harina de quinua (Chenopodium quinoa) y harina de tocosh sobre las características tecnológicas del pan de molde*. <https://www.semanticscholar.org/paper/a6e42348147c76c348ff68e5b5f30a09fac088f8>

- Campos, T. N. T., Campos, T., Campos, T. N. T., & Nolberto, T. (2020). *Nueva variedad de "quinua" Chenopodium quinoa Willd. (Chenopodiaceae) para la sierra norte del Perú con características agronómicas y comerciales sobresalientes*. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.273.27306>
- Castro-Albán, H. A., Castro-Gómez, R. J. H., & Alvarado-Capó, Y. (2023). Variabilidad morfoagronómica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) nativa tipo Chimborazo en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*. <https://doi.org/10.15517/am.2023.53229>
- Cerda-Mejía, L., Cerda-Mejía, L., Mejía, V. R. C., Mejía, V. R. C., Rosales, A. P., Rosales, A. P., Miranda, C. M., Miranda, C. M., Miranda, C. M., Martínez, A. P., Martínez, A. P., & Martínez, A. P. (2017). Proteína de harinas de maíz, cebada, quinua, trigo nacional y papa: características y funcionalidad como sustitutos de la proteína de harina de trigo importado en la producción de pan y fideos. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*. <https://doi.org/10.59410/racyt-v06n03ep02-0082>
- Chunque, V., Chunque, V., Noemi, J., & Noemi, J. (2019). *Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de quinua (Chenopodium quinoa willd) y residuos de pulpa de naranja (Citrus sinensis) en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces*. <https://www.semanticscholar.org/paper/870cec7857838b5e7fb6c7a25451f2f4b0950ec4>
- Erazo, F. M. E., Erazo, F. M. E., L. M. Á. A., Lucas, M. Á. A., Vallejo, W. J. Y., & Vallejo, W. J. Y. (2021). Evaluación de las características fisicoquímicas de yogurt con probiótico bifidobacterium spp. formulado con jalea de uvilla y harina de quinua. *SATHIRI*. <https://doi.org/10.32645/13906925.1076>
- Feijó, C., Feijó, C., Alberto, M., & Alberto, M. (2019). *Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de yogurt enriquecido con quinua ("Chenopodium quinoa" Willd)*. <https://www.semanticscholar.org/paper/086647a747a13609558f2520f82cd9df620fae03>
- Fernandez, C. L. C., Fernandez, C. L. C., Morcillo, L. V. G., Morcillo, L. V. G., Guerrero, J. A. L., Quintero, J. A. L., Guerrero, J. A. L., Collazos, M. G. E., Collazos, M. G. E., Portilla, Y. P., & Portilla, Y. P. (2016). EFECTO DE LA EXTRUSIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)92-99](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)92-99)
- Flores, E., & Rodríguez, R. (2022). Hábitos de consumo de quinua y rendimiento académico de estudiantes universitarios del sur del Perú. *Agroalimentaria*. <https://doi.org/10.53766/agroalim/2023.01.56.08>
- Galecio-Julca, M., Neira-Ojeda, M., Chanduvi-García, R., Castillo, R. A. P., Álvarez, L. A., Granda-Wong, C., Lindo-Seminario, D., Saavedra-Alberca, E., Javier-Alva, J., & Morales-Pizarro, A. (2023). Efecto de la eficacia de los microorganismos nativos y la composta en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad INIA 415-Pasankalla. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1622>
- González, I. R., Benavides-Guevara, R. M., Jurado, B., Marulanda, M. C., & Zuluaga-Domínguez, C. M. (2023). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas con mezcla de trigo, avena y quinua. *Ingeniería y Competitividad*. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.12242>
- Gonzalo, G. M., Vega, S. A. D. la C., Neyra, C. S. V., Yllescas-Rodríguez, P. M., & Olivares, W. M. R. (2023). Estabilización de la subrasante con ceniza de quinua y cal en la Carretera Lago Sagrado, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*. <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.53569>
- Lozano, M. H., Lozano, M. H., Parco, B. A., Parco, B. A., Alarcón, J. E. F., & Alarcón, J. E. F. (2020). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de granadilla (*Passiflora ligularis* juss) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) en las características fisicoquímicas y sensoriales de galletas dulces. *Tayacaja*. <https://doi.org/10.46908/riect.v3i2.129>

Palacios, G. A., & Agüero, C. M. (2023). ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL Y SENSORIAL DE UNA COMPOTA A BASE DE TOCOSH DE OCA (*Oxalis tuberosa* Mol), QUINUA (*Chenopodium quinoa*), MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*), GUANABANA (*Annona muricata*). *Hatun Yachay Wasi*. <https://doi.org/10.57107/hyw.v3i1.54>

Parra, M. Á. G., Parra, M. Á. G., Parra-Alba, J. D., Parra-Alba, J. D., Carvajal-Rodríguez, D. C., Carvajal-Rodríguez, D. C., García-Molano, J. F., García-Molano, J. F., & García-Molano, J. F. (2019). Las semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y sus características físicas. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*. <https://doi.org/10.22335/rlct.v11i2.812>

Perez, A. D., Perez, A. D., Perez, L. R. D., & Perez, L. R. D. (2018). INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA CHIA (*Salvia hispánica* L.) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE UNA BARRA ENERGÉTICA. <https://www.semanticscholar.org/paper/986b3106e1c7da21e16f0f85c331f7442592a61a>

Pinday, W. T. (2023). Efecto de la harina de *Chenopodium quinoa*, del tiempo y la temperatura de fermentación en el volumen de masa fermentada y en la calidad del pan francés. *Cátedra Villarreal Posgrado*. <https://doi.org/10.24039/rcvp2023211673>

Quenta, X. M. O., Quenta, X. M. O., Flores, A. B., & Flores, A. B. (2021). Evaluación de las características fenológicas y agronómicas de la quinua silvestre (*Chenopodium quinoa* spp.) del Altiplano Boliviano. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. <https://doi.org/10.53287/ocjv1418fh24q>

Robles, Y. N. G. (2023). Estudio comparativo de la gestión del procompite y la sostenibilidad de la cadena productiva de quinua en emprendedores de la provincia de Sánchez Carrión. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4400

Romani-Morón, M. J., Romani-Morón, M., Valdez-Arana, J. del C., Valdez-Arana, J. del C., & Valdez-Arana, J. D. C. (2019). Efecto del cambio de hábitat en las características nutricionales y funcionales de 16 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivadas en la Costa Peruana. *Scientia Agropecuaria*. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.15>

Ruiz, P. G. D., & Campos, J. N. Z. (2023). Caracterización nutricional de hojuelas de harina de plátano verde (*Musa paradisiaca*), enriquecida con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*). *Revista Científica Pakamuros*. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.unj02353>

Soto, G. (2023). Hydropriming y fertilizante líquido de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en el incremento de la germinación y crecimiento radicular en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista de Investigaciones Altoandinas*. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.459>

Sucasaca, R. L. (2023). CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y MORFOLÓGICA DE LAS ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) OBTENIDAS ANCESTRALMENTE VÍA DESCRIPTOR BIOVERSITY INTERNATIONAL. *Revista de Investigación*. <https://doi.org/10.26788/ri.v12i1.4398>

Velásquez, G., Velásquez, G., Alonso, R. L., & Alonso, R. (2019). Efecto de la proporción de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*): *kiwicha* (*Amaranthus caudatus*): *tarwi* (*Lupinus mutabilis*) sobre las características nutricionales y sensoriales en hojuelas. <https://www.semanticscholar.org/paper/d214e6b33732bb45c4031ef408709c85136be6c4>