

EFFECTO DEL LAVADO, ESCARIFICACIÓN, TIEMPO DE REHIDRATACIÓN Y TIEMPO DE GERMINACIÓN EN EL CONTENIDO DE SAPONINA DE QUINUA (*chenopodium quinoa willd*) Y EN EL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

EFFECT OF WASHING, SCARIFICATION, REHYDRATION TIME AND GERMINATION TIME ON THE SAPONIN CONTENT OF QUINOA (*chenopodium quinoa willd*) AND ON THE GERMINATION PERCENTAGE

Juan Federico Ramos Gómez^{a*}, Emilio Fredy Yábar Villanueva^a, Angela Margot Ccora Huamán^a,
Ángel Oscar Peña Rivera^a

^a Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias / Universidad Nacional del Centro del Perú

* Autor correspondiente: jramos@uncp.edu.pe

RESUMEN

Para la investigación se utilizó quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) de la variedad amarilla Maranganí. El objetivo fue determinar el efecto del método de desamargado, tiempo de rehidratación y tiempo de germinación como variables independientes en el contenido final de saponina y en el porcentaje de germinación de los granos de quinua como variables respuesta. Para la conducción del experimento se utilizó el DCA con arreglo factorial de 2 x 3 x 2. Los resultados indican que el lavado como método de desamargado genera una mayor germinación de granos frente al escarificado (82,49 % frente al 70 %), que un mayor tiempo de rehidratación genera una mayor proporción de germinación, al igual que un mayor tiempo de germinación favorece en una mayor proporción de granos germinados. De igual manera, el lavado se constituye en el método que permitió la reducción de la mayor proporción de saponina presente en la quinua ($92,26 \pm 0,35$ % frente a la escarificación con $50,08 \pm 0,72$ %).

Frases clave: Quinua, Germinación, Quinua germinada, Saponina quinua

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) of the yellow variety Maranganí was used for the research. The objective was to determine the effect of the debittering method, rehydration time and germination time as independent variables on the final saponin content and on the germination percentage of quinoa grains as response variables. To conduct the experiment, DCA was used with a factorial arrangement of 2 x 3 x 2. The results indicate that washing as a debittering method generates greater grain germination compared to scarified (82,49 % compared to 70 %); which a longer rehydration time generates a higher germination rate, just as a longer germination time favors a higher proportion of germinated grains. Similarly, washing is the method that allowed the reduction of the highest proportion of saponin present in quinoa ($92,26 \pm 0,35$ % compared to scarification with $50,08 \pm 0,72$ %).

Key phrases: Quinoa, Germination, Germinated Quinoa, Quinoa saponin.

1. INTRODUCCIÓN

El nivel de utilidad que se le da a la quinua en el mundo culinario e industrial en todo el mundo se ha incrementado considerablemente en los cuatro últimos años. Ahora este cereal conforma la mezcla utilizada en la elaboración de panes, hamburguesas, pastas,

snacks, alimento para bebés, ensaladas, batidos, salsas, cremas, sopas, bases para desayuno, y otros, con el añadido que para hacerlo más atractivo se utilicen granos de colores diversos: rosados, negros, rojos, guindos, blancos, etc., que antaño no tenían mucha utilidad.

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un cultivo ancestral de los Andes de América del Sur. El alto valor nutritivo y energético de este cultivo lo hace muy adecuado como alimento (Sigstad & Prado, 1999). Poseen proteínas y lípidos de buena calidad biológica, alto contenido de fibra dietética, minerales, vitaminas y compuestos bioactivos (Mir, Riar, & Singh, 2018).

Mäkinen, Hager & Arendt (2014), utilizaron 2 g de quinua que embebieron con 6 mL de agua destilada, luego utilizaron placas Petri sobre dos capas de papel de filtro para germinación en oscuridad a 15 °C. Informan, además, que la mayoría de las semillas completaron la germinación (definida como ruptura del endospermo) entre 6 y 10 horas después de la imbibición.

Hinostroza (2020), informa que con 10 h de rehidratación y 25 °C de temperatura logró una germinación del 80,41 % de semillas de quinua blanca (variedad Huancayo); 62,68 % en la roja (variedad Pasankalla) y 90,95 % de la negra (variedad negra collana).

Leguía (2018), germinó quinua con humedad en grano de 43 % a 45 %, empacados en gasa a temperatura de 35 °C por periodos de 48 h, determinando 95 % de germinación para la variedad Salcedo INIA, 90% para Pasankalla y 98% para Negra Collana.

Valencia (2015), obtuvo una germinación de 98,9 % de semillas al cabo de 24 horas para quinua variedad negra collana desinfectada y de 75 % para granos no desinfectados. El tratamiento previo fue la rehidratación en agua a temperatura ambiente (23 °C) por un tiempo de 4 h, y germinación a temperatura de 30 °C por 24 h y 83 % de HR. El contenido final de saponina de la quinua con 6 lavados sucesivos fue menor a 0,1 %.

Entre otros procesos tecnológicos, la germinación ha sido ampliamente utilizada en la eliminación o disminución de factores antinutricionales presentes en leguminosas y cereales. Una creciente preocupación por la alimentación y la salud ha llevado al desarrollo de técnicas de procesamiento de alimentos más saludables, como la germinación, con el objetivo de mejorar los alimentos funcionales sin comprometer la seguridad alimentaria (Obaroakpo, Lu, Shuwen, Jing, Cai, Jiaping, Xiaoyang, & Min, 2019).

Jiménez, Miraballes, Gámbaro, Lobo, & Samman, (2019) con granos de quinua lavados y luego rehidratados en agua del grifo por 6 h, a temperatura

ambiente y luego germinados cubriéndolos con papel filtro húmedo a temperatura de 22-24 °C, con 80-90 % HR, en oscuridad, por tiempos de 24 y 48 h obtuvieron un nivel de germinación de 87,1 %.

Bois, Winkel, Lhomme, Raffailac, & Rocheteau (2019), determinaron una germinación del 100 % para el cultivar Surumi a temperatura de 20 °C por tiempo de 10 h y de 65 % con temperatura de 2 °C. Antes de la germinación los granos fueron desinfectados con uso de alcohol 70 % v/v.

Lalaleo, Hidalgo, Valle, Calero-Cáceres, Lamuela-Raventós, & Becerra-Martínez (2020), reportaron los resultados siguientes para el contenido de saponinas totales (TSC), el ecotipo CQE_02 presentó menor TSC luego de aplicarse los tratamientos C (control), W (quinua lavada hasta eliminar toda la espuma, Ck (semilla cocida sin lavar cocida por 15 minutos) y Wck (semilla lavada como en W y cocida como CK) con valores inferiores a 2 mg diosgenina/g peso seco y sin diferencias significativas. Tanto para el ecotipo CQE_01 como para el CQE_03, el perfilado fue similar para las mismas condiciones mencionadas anteriormente, con valores máximos de 4,2 mg/gDW \pm 0,60 y 5,3 \pm 0,87 mg/g DW, respectivamente. La condición de lavado fue considerable para el contenido de saponinas en los ecotipos CQE_01 y CQE_03, con una reducción máxima de unas **2,9 veces** con respecto a las condiciones control (C); sin embargo, para el ecotipo CQE_02, no hubo cambios significativos en TSC. Los porcentajes iniciales de saponinas para CQE_01, CQE_02 y CQE_03 fueron 0,423, 0,17 y 0,416 %, con valores inferiores de 0,15, 0,12 y 0,14 %, respectivamente cuando se lavaron. La cantidad de TSC en los brotes G (semillas lavadas como W germinadas por 3 días a 10 °C por 24 h con brotes de 4,0 cm) se redujo 2,5 veces en CQE_01, mientras que aumentó 1,8 veces en CQE_02, pero sin cambios para CQE_03 en relación a C. Durante el desarrollo de las semillas germinadas, las cantidades de TSC en los brotes aumentaron rápidamente en los ecotipos CQE_02 y CQE_03, con valores 2,3 y 3,3 veces respectivamente durante los tres días de germinación en relación a W.

Materia prima

Para el experimento se usó semillas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad amarilla Maranganí, correspondiente a la cosecha 2021, adquirida en cantidad suficiente de INIA Los Andenes del Cusco. La elección de esta variedad fue por el alto contenido de saponina que posee.

2. PROCEDIMIENTO

Los granos de quinua fueron separados en dos lotes mayores. El primero fue sometido a desaponificación por escarificación, en un equipo escarificador con velocidad de giro en el elemento raspador de 650 RPM, por tiempo de 5 minutos. Mientras el lote 2 fue lavado con agua en proporción 1 quinua/3 agua, a 600 RPM de velocidad de agitación por tiempo de 15 minutos, con un enjuagado en las mismas condiciones.

Antes del desamargado se tomaron muestras de la quinua para determinar el contenido inicial de saponina. El método usado para este fin fue el afrosimétrico, propuesto por Koziol (1990).

La preparación de los granos antes de la germinación consistió en lo siguiente: Escarificado o lavado de semillas de quinua con fines de desaponificación, seguido de una rehidratación por tiempos de 5; 10 y 15 h. La germinación se llevó a cabo en bandejas con 200 semillas de quinua acomodadas sobre gasas húmedas, a una temperatura de 25 °C y humedad relativa de 85 a 90 %, por tiempos de 24 y 48 horas, al cabo de los cuales, se hizo el conteo de granos germinados y no germinados. Posteriormente, los granos fueron secados con aire a temperatura de 50 °C, con velocidad de 2,0 m/s, por tiempo suficiente para alcanzar una humedad final del 10 %.

Los equipos utilizados para la conducción del experimento fueron los siguientes: Estufa para germinación marca Memmert-UN75, deshidratador de cabina con control de temperatura y velocidad de aire, agitador vortex mixer Vel Scientific, balanza analítica Ohaus-PA224.

Para la determinación de saponina se utilizó agua bidestilada. Los instrumentos de vidrio necesarios fueron: tubos de prueba 160 mm x 16 mm, regla micrograduada con escala de 0,5 mm.

Diseño estadístico

Para la conducción de la investigación se utilizó el diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial del tipo 2 x 2 x 3, que tiene el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + E$$

Donde:

μ : Media general

Y_{ijk} : Contenido de saponina remanente y porcentaje de germinación de las semillas de quinua.

A_i : Método de desamargado (escarificación o lavado)

B_j : Tiempo de rehidratación (5; 10 y 15 h)

C_k : Tiempo de germinación (24 y 48 h)

$(AB)_{ij}$; $(AC)_{ik}$; $(BC)_{jk}$: Interacciones de dos factores principales A, B y C.

$(ABC)_{ijk}$: Interacción de tres factores principales A, B y C.

E_{ijk} : Error experimental.

3. RESULTADOS

El contenido de saponina determinado en los granos enteros de quinua variedad amarilla Maranganí fue de 1,1 %. La cantidad de saponina remanente luego de aplicados los tratamientos de experimento se muestran en la tabla 1. La proporción de saponina eliminada se presenta en la tabla 2.

Tabla 1: Contenido de saponina remanente en granos de quinua sometidos a tratamientos

Tiempo de rehidratación	Desamargado			
	Lavado		Escarificado	
	Tiempo de germinación			
	24 h	48 h	24 h	48 h
5 h	0,0840	0,084	0,54	0,55
	0,0845	0,085	0,55	0,54
10 h	0,085	0,084	0,55	0,56
	0,083	0,083	0,54	0,55
15 h	0,086	0,084	0,55	0,54
	0,085	0,083	0,56	0,56

Tabla 2: Porcentaje de saponina eliminada en granos de quinua sometidos a tratamientos

Tiempo de rehidratación	Desamargado			
	Lavado		Escarificado	
	Tiempo de germinación			
	24 h	48 h	24 h	48 h
5 h	92,36	92,36	50,91	50,00
	92,32	92,27	50,00	50,91
10 h	92,27	92,36	50,00	49,09
	92,45	92,45	50,91	50,00
15 h	91,18	92,36	50,00	50,91
	92,27	92,45	49,09	49,09

La tabla 1 muestra que el desamargado por lavado en general alcanzó niveles inferiores a 0,12 % considerado como umbral detectable por Soto, Kuramoto, Seleme, Calderón, y Castellares (2010), por lo que se puede afirmar que estas semillas están exentas del sabor amargo que la saponina le confiere a la quinua, mientras que el escarificado muestra valores superiores a 0,5 %, lo que indica que la quinua aún se mantiene amarga. En la tabla 2 se observa que la proporción de eliminación de saponina por lavado es superior al 90 %, mientras que por escarificación apenas supera el 50 %.

En la tabla 3 se resume el porcentaje de germinación de los granos de quinua sometidos a los tratamientos diseñados.

Tabla 3: Porcentaje de germinación de los granos de quinua sometidos a tratamientos

Tiempo de rehidratación	Desamargado			
	Lavado		Escarificado	
	Tiempo de germinación			
	24 h	48 h	24 h	48 h
5 h	71,40	81,30	58,50	65,60
	71,00	81,60	57,60	66,30
10 h	80,32	89,40	67,50	78,40
	81,15	90,10	66,70	78,60
15 h	81,25	90,30	70,40	79,60
	81,40	90,60	71,20	79,90

De la tabla 3 se desprende que el porcentaje de germinación guarda una relación directa en función del tiempo de germinación (en promedio 71,54 % para 24 h y 80,98 % para 48 h), como del tiempo de rehidratación (en promedio 69 % para 5 h, 79 % para 10 h y 80,6 % 15 h), tanto para granos lavados como para los escarificados. Es notoria también la diferencia de la proporción de granos germinados, siendo mayores cuando los granos son desaponificados por lavado (en promedio 82,49 %) y menores cuando los granos se desamargan por escarificación (en promedio 70 %).

El análisis estadístico aplicado a los datos de la tabla 3, es resumido en la tabla 4. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para el porcentaje de germinación de los granos de quinua sometidos a tratamientos nos arroja un valor de significación de 0,14; mayor al nivel de significación de 0,05; claro indicador que los datos tienen una distribución normal.

Tabla 4: ANVA Porcentaje de germinación de los granos de quinua sometidos a tratamientos

Factor de variabilidad	SC	GL	Cuadrado medio	F	Valor P
A	931,510	1	931,51	5258,56	0,000
B	613,377	2	306,69	1731,32	0,000
C	534,682	1	534,68	3018,38	0,000
A*B	13,784	2	6,89	38,91	0,000
A*C	0,003	1	0,003	0,018	0,894
B*C	1,769	2	0,884	4,99	0,026
A*B*C	5,617	2	2,809	15,86	0,000
Error	2,126	12	0,177		
Total	2102,867	23			

El ANVA nos muestra que los diferentes niveles de factor de los tres factores principales generan diferencias significativas importantes en la proporción de germinación ($P < 0,05$). Este mismo comportamiento se tiene para los tratamientos de las interacciones A*B; B*C y A*B*C, mas no para la interacción A*C ($P > 0,05$).

La prueba de comparación múltiple de medias (PCMM) de Tukey, para el porcentaje de germinación en función del tiempo de rehidratación mostrado en la tabla 5, nos indica que el mayor porcentaje de germinación se produce con 15 h de rehidratación ($80,58 \pm 7,46$ %), seguido por 10 h ($79,021 \pm 8,63$ %),

finalmente 5 h ($69,162 \pm 9,09$ %), existiendo diferencias significativas entre ellas.

Tabla 5: PCMM Tukey para el porcentaje de germinación de los granos de quinua en función del tiempo de rehidratación

Tiempo de rehidratación	N	Subset		
		1	2	3
5 h	8	69,16		
10 h	8		79,02	
15 h	8			80,58
Sig.		1,00	1,00	1,00

Para el tipo de desamargado, con el lavado se logra germinar en promedio hasta el $82,5 \pm 6,73$ % de granos de quinua y con el escarificado solo $70,03 \pm 7,82$ %, existiendo diferencias significativas entre estos dos valores.

En relación al tiempo de germinación, se tiene que con 48 horas de tiempo se logra germinar el $80,98 \pm 8,53$ % de las semillas de quinua mientras que con 24 h $71,54 \pm 8,35$ %.

El ANVA para el porcentaje de saponina eliminada en granos de quinua sometidos a tratamientos se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: ANVA Porcentaje de eliminación de saponina de los granos de quinua

Factor de variabilidad	SC	GL	Cuadrado medio	F	Valor P
A	10676,2	1	10676,2	29453,9	0,000
B	0,900	2	0,450	1,242	0,324
C	0,010	1	0,010	0,028	0,871
A*B	0,296	2	0,148	0,409	0,673
A*C	0,222	1	0,222	0,613	0,449
B*C	1,009	2	0,504	1,391	0,286
A*B*C	0,259	2	0,130	0,358	0,707
Error	4,350	12	0,362		
Total	10683,23	23			

El único factor que genera efectos significativos en la reducción del contenido de saponina en los granos de quinua es el tipo de desamargado: lavado y

escarificación ($P < 0,05$), todos los demás factores afectan de manera similar en la variable respuesta. El lavado genera una reducción del $92,26 \pm 0,35$ % de saponina mientras la escarificación el $50,08 \pm 0,72$ %.

4. DISCUSIONES

El contenido de saponina en los granos de quinua de la variedad amarilla Maranganí, usados en la investigación fue de 1,1 %, cantidad que permite clasificarla como semilla amarga, al igual que a las variedades amarilla Sacaca (7 %), Quillahuamán INIA (3%), Kankolla, blanca de Junín (Apaza, 2013), Real rosada de Bolivia (Quiroga y Escalera, 2010).

La mayor germinación generada por el lavado en el orden del 82,49 % frente al 70 % para el escarificado, se debe fundamentalmente a dos aspectos, el primero relacionado a una mayor rehidratación producida por el lavado que como método utiliza agua para el desamargado, por tanto, las semillas estuvieron expuestas por más tiempo a la presencia del agua (lavado + rehidratación), en cambio los granos escarificados solo se expusieron al agua durante la rehidratación. El segundo relacionado con el daño mecánico generado a una proporción de las semillas de quinua durante el escarificado, que en algunos casos liberó al germen o embrión de los granos que justamente se encuentran debajo del pericarpio, donde también está el epismermo, que principalmente contiene la saponina, entonces existen granos de quinua dañados que no llegan a germinar por haber perdido esta capacidad.

El mayor tiempo de rehidratación generó una mayor ganancia de humedad (agua), que a su vez reblandeció más la estructura general del grano, en especial del epispermo, que al parecer facilitó la emergencia del germen, que es cuando la radícula sobresale a través de la cubierta de la semilla. Esta tendencia es evidenciada por los trabajos desarrollados por Lequía (2018) que germinó quinua con humedad del 45 %, habiendo logrado la germinación del 98 % de granos de la variedad negra collana, Valencia (2015), que germinó el 75 % de granos no desinfectados sometidos a 6 lavados sucesivos en agua, Jiménez, Miraballes, Gámbaro Lobo & Samman (2019), que, con rehidratación por 6 h con agua de grifo, logró la germinación del 87,1 % de semillas.

1 931,510 5258,557 ,000

La información de la tabla 4, muestra que el tiempo de rehidratación afecta significativamente en la proporción de germinación de semillas de quinua. La PCMM mostrada en la tabla 5 nos indica que a mayor tiempo de rehidratación se produce un mayor

porcentaje de germinación (15 h de rehidratación genera $80,58 \pm 7,46$ % de germinación, mientras 5 h $69,162 \pm 9,09$ % de germinación. Este comportamiento es avalado por el estudio desarrollado por Hinostrza (2010), que con 10 h de rehidratación logró germinar el 80,41 % de semillas de quinua variedad Huancayo; 62,68 % en la variedad Pasankalla y 90,95 % de la variedad negra collana, observando que las variedades Huancayo y negra collana se humedecen más fácilmente, mientras la variedad pasankalla más difícilmente por poseer un pericarpio con características serosas.

El tiempo de germinación, acorde a la información de la tabla 4, también tiene efectos significativamente diferentes en el porcentaje de germinación, se tiene que a las 48 horas de tiempo se logra germinar el $80,98 \pm 8,53$ % de las semillas de quinua mientras que con 24 h $71,54 \pm 8,35$ %, aquí se puede evidenciar que existe una relación directa entre el tiempo de germinación y la proporción de semillas germinadas. Resultados muy similares a los obtenidos por Mäkinen, Hager & Arendt (2014), que completaron la germinación de la mayoría de los granos de quinua entre las 6 a 10 h. Legúía (2018), que logró la germinación del 95 % para la variedad Salcedo INIA, 90% para Pasankalla y 98% para Negra Collana en un tiempo de 48 h. Valencia (2015), que obtuvo la germinación del 98,9 % de semillas al cabo de 24 horas para quinua variedad negra collana desinfectada y de 75 % para granos no desinfectados.

La interacción lavado*tiempo de rehidratación (A*B) en la tabla 4, muestra diferencias significativas en el efecto generado por cada uno de los tratamientos, siendo que la combinación lavado*15 h genera el mayor porcentaje de germinación $85,88 \pm 0,21$ %; seguido de lavado*10 h $85,245 \pm 0,21$ %, no existiendo diferencias en el efecto generado por estos dos tratamientos. El peor efecto lo genera escarificado*5h con $62,0 \pm 0,21$ %.

La interacción tiempo de rehidratación*tiempo de germinación (B*C), de la tabla 4, nos evidencia que los efectos generados por los diferentes tratamientos son diferentes. Siendo que con 15 h de rehidratación*48 h de germinación produce la germinación del $85,10 \pm 0,21$ % de semillas, seguido por 10 h*48 h con $84,125 \pm 0,21$ % de emergencia. El peor tratamiento es dado por 5 h*24 h con $64,625 \pm 0,21$ % de germinación. Aquí, los máximos tiempos en la rehidratación y germinación probadas aseguraron el mayor porcentaje de germinación, mientras los

mínimos tiempos de rehidratación y germinación generaron los peores resultados.

En relación a la interacción de los tres factores principales A*B*C, que también muestran efectos significativamente diferentes ($P < 0,05$), el tratamiento lavado*15*h*48h generó el mejor efecto para la germinación con $90,45 \pm 0,21$ %; seguido por lavado*10h*48 h con $89,75 \pm 0,49$ %. El peor tratamiento lo dio escarificado*5 h*24 h, con $58,05 \pm 0,64$ %.

De la tabla 6, se deduce que el único factor que genera efectos significativos en el porcentaje de eliminación de saponina en los granos de quinua es A (tipo de desamargado), donde $P < 0,05$; siendo que el lavado genera una reducción del $92,26 \pm 0,35$ % de saponina mientras la escarificación el $50,08 \pm 0,72$ %. En estas condiciones el lavado permitió que el contenido de saponina en los granos de quinua sea imperceptible por las papilas gustativas del hombre (debajo del umbral del 0,12 % de saponina considerado por la Norma Técnica de la CAN), mientras el contenido remanente de saponina logrado por escarificación se encontraba muy por encima de este valor (0,12 %), por tanto, claramente perceptible por las papilas gustativas, catalogándolas como amargas aún.

5. CONCLUSIONES

- La mayor germinación es generada por el lavado como método de desamargado, en el orden del 82,49 % frente al 70 % para el escarificado
- A mayor tiempo de rehidratación se produce un mayor porcentaje de germinación (15 h de rehidratación genera $80,58 \pm 7,46$ % de germinación, mientras 5 h $69,162 \pm 9,09$ % de germinación.
- A mayor tiempo de germinación se logra germinar mayor proporción de semillas de quinua $80,98 \pm 8,53$ % a las 48 h frente a $71,54 \pm 8,35$ % a las 24 h.
- La mayor reducción de saponina se produce utilizando el lavado como método de desamargado con $92,26 \pm 0,35$ % frente a la escarificación con $50,08 \pm 0,72$ %.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
- Quiroga, C., y Escalera, R. (2010). Evaluación de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor. *Investigación & Desarrollo*, No. 10, Vol. 1: 49 – 62.
- Sigstad, E. & Prado, F. (1999) *Thermochim. Acta* 326 159.
- Mir, N., Riar, C., & Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 170-180.
- Mäkinen, O., Hager, A. & Arendt, E. (2014). Localisation and development of proteolytic activities in quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds during germination and early seedling growth. *Journal of Cereal Science*, doi: 10.1016/j.jcs.2014.08.009.
- Leguía, S. (2018). Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de tres variedades de quinua germinada (*Chenopodium quinoa Willd*). Tesis Universidad Nacional José María Arguedas.
- Valencia, P. (2015). Evaluación tecnológica de la germinación y clarificación de las bebidas tradicionales fermentadas y pasteurizadas de maíz morado (*zea mays*) y quinua (*chenopodium quinoa*) variedad inia 420 negra collana. Tesis: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Obaroakpo, J., Lu, L., Shuwen, Z., Jing, L., Cai, Z., Jiaping, L., Xiaoyang, P., Min, Z. (2019). Antioxidant capacity of germinated quinoa-based yoghurt and concomitant effect of sprouting on its functional properties. *Food Science and technology*, 116, 108592.
- Jiménez, D., Miraballes, M., Gámbaro, A., Lobo, M., & Samman, N. (2019). Baby purees elaborated with andean crops. Influence of germination and oils in physico-chemical and sensory characteristics. *LWT - Food Science and Technology* (2019), doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108901>.
- Bois, J., Winkel, T., Lhomme, J., Raffaillac, J., Rocheteau, A. (2006). Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. *Europ. J. Agronomy*, 25, 299–308.
- Lalaleo, L., Hidalgo, D., Valle, M., Calero-Cáceres, W., Lamuela-Raventóse, R., & Becerra-Martínez, E. (2020). Differentiating, evaluating, and classifying three quinoa ecotypes by washing, cooking and germination treatments, using 1 H NMR-based metabolomic approach. *Food Chemistry*, 331, 127351.
- Koziol, M. (1990). Método para determinar saponinas en quinua. En: *Quinua hacia un cultivo comercial*. C. Whali (ed.). LATINRECO S.A. Quito, Ecuador. pp. 175-185.
- Hinostroza, B. (2020). Efecto de la germinación de quinua y kiwicha en el contenido de fenólicos totales, betalainas, vitamina C y actividad antioxidante. Tesis: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Soto, J., Kuramoto, C., Seleme, J., Calderón, R., Castellares, C. (2010). Normas Andinas para quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y productos procesados (hojuelas y harina). Comité Técnico 3.12 Cereales Quinua IBNORCA-NOREXPORT. Bolivia.