

BEBIDA A BASE DE SUERO DE LECHE DULCE FORTIFICADA CON GERMINADO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*)

María del Carmen Ramírez-Mota y Susana Elizabeth Altamirano-Romo*

RESUMEN

La quinoa (*Chenopodium quinoa*), un pseudo cereal con orígenes en Suramérica, es considerado de gran valor nutritivo por su alto contenido de proteína en referencia a los cereales y su perfil de aminoácidos esenciales, además de su perfil de vitaminas y minerales, características que mejoran con la germinación debido al aumento de la biodisponibilidad y generación de moléculas con actividad biológica, entre ellas la antioxidante. El aporte nutricional de la quinoa germinada como complemento en bebidas a base de suero de leche fue evaluado en dos formulaciones (F1 y F2) usando diferentes proporciones de harina de germinado de quinoa y comparadas con una bebida comercial (control). Los resultados de análisis fisicoquímicos, proximales y de actividad antioxidante fueron analizados por ANDEVA seguidos por comparación de medias Tukey, ambos con $P \leq 0.05$. La F2 mostró las mejores características nutrimentales al tener mayor porcentaje de fibra y proteína; el contenido de fenoles totales entre las dos formulaciones fue el mismo pero menor al del control, sin embargo, la actividad antioxidante fue mayor. Los datos demuestran que la quinoa germinada es una materia prima que aumenta las propiedades funcionales y nutrimentales en este tipo de productos.

Palabras claves:

Lactosuero, bebida, valor nutritivo, actividad antioxidante, biodisponibilidad.

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa*) is a pseudo-cereal with origins in South America, is considered of great nutritional value due to its high protein content compared with cereals, and its essential amino acids profile improves with vitamins and minerals. These characteristics increase during germination due to the enlargement of bioavailability and generation of molecules with biological activity, including antioxidants. The nutritional contribution of sprouted quinoa, as a raw material for beverages based on whey, was evaluated in two formulations (F1 and F2) using different proportions of quinoa sprouted flour and compared with a commercial beverage (control). The results of physicochemical, proximal, and antioxidant activity analyses were developed by ANOVA and compared with Tukey means, both with $P \leq 0.05$. Formulation 2 showed the best nutritional characteristics due to its highest percentage of fiber and protein. The content of total phenols between the two formulations was the same but lower than the control; however, the antioxidant activity was higher. The data showed that sprouted quinoa is a raw material that increases functional and nutritional properties of these types of products.

Keywords:

whey, beverage, nutritive value, antioxidant activity, bioavailability.

Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México / I. T. de Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas Km. 8, Celaya, Guanajuato, 38124, México

*Autor de correspondencia: susana.ar@roque.tecnm.mx

1. Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa*), también conocida como quinoa, es un pseudocereal que se originó en América del Sur, pertenece a la familia *Chenopodiaceae*; y es un alimento demandado debido a su alto valor nutricional, en especial por su aporte de proteína y el perfil de aminoácidos en comparación con cereales como el maíz y trigo (Nowak et al., 2016). La quinua contiene en promedio del 12-17% de proteína y es reconocida como buena fuente de minerales que incluyen al potasio, calcio, magnesio, hierro, fósforo, zinc, manganeso y cobre (Huraca-Aparco et al., 2021); también cuenta con todos los aminoácidos esenciales destacando el contenido de lisina y metionina. Otra característica es la ausencia de gluten, motivo por el cual puede ser incluida en la dieta de personas que padecen de celiaquía (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011).

La germinación es un proceso biológico que mejora el valor nutritivo y el contenido fitoquímico en los cereales y pseudocereales, provoca un aumento de la digestibilidad de proteínas y almidón, y acrecienta el contenido fenólico total y la biodisponibilidad de algunos minerales (Nelson et al., 2013). En la revisión de Campos-Rodríguez et al. (2022) existen referencias con incremento de estas propiedades durante las 48-72 h de germinación en semillas de quinua. De acuerdo a los resultados de Darwish et al. (2020), el contenido de hierro, calcio, zinc, vitamina C y carotenoides incrementó en un 39.43, 49.04, 20.25, 32.17 y 26.02%, respectivamente en semillas de quinua germinadas; mientras que los factores anti nutricionales de saponina, ácido fítico y taninos en 59.60, 50.0 y 11.32%, respectivamente. Además de mejorar el valor nutritivo de las semillas, la germinación también trae los cambios deseables en la disponibilidad de nutrientes, textura y propiedades organolépticas (Padmashree, 2019). De acuerdo con Bhinder (2021), la quinua negra se caracteriza por los ácidos hidroxicinámicos de mayor unión, flavanoles, magnesio, potasio y actividad antioxidante, mientras que la quinua blanca presenta menor saponina, ácido fítico pero mayor proteína, hierro, calcio, también tiene una mayor actividad antioxidante con un incremento de esta de 27.23%, pero tiene menor cantidad de polifenoles que la quinua negra.

El lactosuero es el líquido resultante de la coagulación enzimática o microbiana de la leche durante la elaboración del queso; está formado por una mezcla importante de proteínas que poseen un amplio rango de propiedades; además contiene péptidos con actividad antioxidante, antimicrobiana, antitrombótica, hipolipemiente,

antihipertensiva e inmunológica, entre otros beneficios para la salud del ser humano (Chacón-Gurrola et al., 2017).

A pesar de su valor biológico, el lactosuero generalmente es considerado como un desecho y se elimina sin tratamientos previos generando contaminación ambiental; teniendo esto en consideración, es importante el desarrollo de alimentos con potencial beneficio a la salud que puedan incluir el lactosuero dentro de su formulación contribuyendo al aprovechamiento de subproductos de la Industria Alimentaria. Esta investigación tuvo por objetivo desarrollar un producto fermentado a base de suero de leche y harina de quinua fermentada para evaluar el impacto sobre la calidad nutrimental y posibles beneficios a la salud.

2. Materiales y métodos

La quinua, adquirida en un mercado local, fue germinada según lo reportado por Franco et al. (2017) con ligeras modificaciones. El grano fue lavado con agua potable y dejado en remojo durante 6 horas a temperatura ambiente, después de escurrir para retirar el exceso de agua, los granos fueron esparcidos sobre una cama de papel y colocados en una recipiente de plástico para incubarlos 20°C durante 48 horas en oscuridad, alcanzando un tamaño de radícula de 1.5-2.0 cm. Posteriormente, la quinua germinada fue secada a 100 °C durante 1.5 horas y fue pulverizada en un molino para café (Cuisinart DCG-12BC, México) y después fue tamizada con malla No. 60 que corresponde a un tamaño de partícula de 0.025 cm.

El lactosuero fue obtenido como subproducto en el Taller de Lácteos del TecNM-Roque de la elaboración de queso panela con pH y acidez de 6.6 ±0.08 y 0.43 ±0.04 respectivamente, los valores son el promedio de tres lotes. El lactosuero fue pasteurizado a 65±2 °C y filtrado en manta cielo (poro ≈1mm) para eliminar nata y sólidos suspendidos, lo anterior para reducir la carga microbiana y evitar el deterioro microbiológico durante el almacenamiento; además, como requisito de calidad se determinaron coliformes totales y cuantificación de mesófilos aerobios de acuerdo a las NOM-113-SSA1-1994 y NOM-092-SSA1-1994 respectivamente. Una vez frío el suero de leche fue suplementado con harina de quinua germinada de acuerdo al diseño experimental que consistió en dos formulaciones: Formulación 1 (F1) 15 g de harina de quinua germinada por cada 100 mL; y Formulación 2 (F2) 10 g de harina de quinua germinada por cada 10m mL. A ambas formulaciones les fueron agregados los aditivos (5 g miel de agave y 1.5 mL de extracto de vainilla). Como control (FC) fue usada una bebida a base de suero dulce con 10 g de harina de trigo integral por 100 mL de bebida y

endulzada con 5 g de miel y saborizada con 1 mL de extracto de vainilla.

Los análisis fisicoquímicos (grados Brix ($^{\circ}$ Bx), acidez titulable (Acz) y determinación de pH) y análisis proximales fueron realizados a la formulaciones y control. La humedad fue determinada de acuerdo a la técnica descrita en la NMX-F-083-1986; las cenizas por el método descrito en la NMX-F-607-NORMEX-2020; la proteína fue determinada con la técnica descrita en la NMX-F-68-S-1980, utilizando el equipo Kjeldahl (NOVATECH, KJ6-C); la determinación de grasa con la técnica de la NMX-F-615-NORMEX-2018, utilizando el equipo Soxhlet (NOVATECH, VH-6P); y fibra de acuerdo a la NOM-F-90-S-1978. Finalmente, la determinación de actividad antioxidante fue determinada por los métodos de DPPH, FRAP y Folin-Ciocalteu (Alvarez-Jubete et al., 2010; Benzie y Strain, 1999).

El análisis estadístico fue realizado con el software SAS 9.4 de acuerdo a un diseño completo al azar donde las fuentes de variación son las formulaciones F1, F2 y FC; después del ANOVA fue realizada una comparación de medias por la prueba de Tukey, ambas con un valor de $P < 0.05$.

3. Resultados

De acuerdo a la NOM-091-SSA1-1994 establece que los coliformes totales deben ser menores a 20 UFC/mL y los mesófilos aerobios deben estar por debajo de las 30,000 UFC/mL, durante el análisis microbiológico del suero de leche se encontró que la cantidad de mesófilos anaerobios fue de 60 UFC/mL y la de coliformes totales es igual a 20 UFC/mL. Las Tablas 1 y 2, se presenta la comparación de medias de los análisis fisicoquímicos y proximales de las formulaciones. En cuanto a las propiedades fisicoquímicas, todas las formulaciones mostraron valores de pH con diferencia estadísticamente significativa entre ellas y con el control, los valores de pH son similares a los reportados por Kaur & Tanwar (2016). Mientras que en $^{\circ}$ Bx y acidez las formulaciones F1 y F2 no presentan diferencia significativa entre ellas, pero sí respecto al control. Al agregar harinas o extractos de harinas de cereales germinados y sin germinar los valores de pH suben y los valores de ácido titulado decrecen (Ujiroghene et al., 2019), el uso de harina de quinoa como sustrato para la elaboración de yogurt con base vegetal aminoró la tasa de acidificación, quizá por no ser la quinoa un buen sustrato para las bacterias ácido lácticas usadas (Huang et al., 2022).

Tabla 1. Efecto de la adición de quinoa germinada sobre las propiedades fisicoquímicas de la bebida a base de suero de leche.

	pH	$^{\circ}$ Brix	Acidez
F1	6.12 ^c	3.77 ^b	0.013 ^b
F2	6.22 ^b	3.70 ^b	0.010 ^b
FC	6.32 ^a	11.02 ^a	0.024 ^a

Los valores representan la media de 3 réplicas y para la acidez los valores son porcentaje de ácido málico por 100 g. Los valores con letra diferente en la columna indican diferencia significativa en la prueba de Tukey con $P < 0.05$.

Tabla 2. Análisis de la composición proximal en las formulaciones de la bebida a base de suero de leche y quinoa fermentada.

	Humedad	Cenizas	Grasa	Fibra	Proteína	Carbohidratos
F1	75.84 ^b	0.70 ^a	2.55 ^b	2.81 ^b	8.71 ^{ba}	9.37 ^a
F2	77.92 ^b	0.64 ^a	2.29 ^b	3.46 ^a	9.30 ^a	6.38 ^b
FC	83.64 ^a	0.50 ^b	4.74 ^a	0.42 ^c	7.81 ^b	2.86 ^c

Los valores representan la media de 3 réplicas y están expresados como porcentaje respecto de 100 g en base húmeda de muestra. Los valores con letra diferente en la columna indican diferencia significativa en la prueba de Tukey con $P < 0.05$.

Las formulaciones, en general, registraron valores más altos de cenizas, fibra, proteína y carbohidratos en comparación con el control, mientras que los valores de humedad y grasa fueron más bajos en F1 y F2 que en el control. En los alimentos, la cantidad de cenizas nos da una idea de la proporción de minerales que pueden

aportar a la dieta, en este sentido, ambas formulaciones fueron superiores al control comercial usado como testigo, esta diferencia es debida al aporte de la quinoa germinada, en grano o germinada, la quinoa contiene minerales que pueden ser asimilados por el consumidor (Fernandes et al., 2018). El contenido de grasa en

ambas formulaciones fue menor que el control, esto puede explicarse por el periodo de 48 horas de germinación al que fue sometida la quinoa, en alimentos como la lenteja ha sido reportado que a medida que aumenta el tiempo de germinación la cantidad de grasa disminuye (Fouad y Rehab, 2015), a lo anterior también habría que sumar la cantidad de grasa que pudo haber sido retirada durante el proceso de filtración posterior a la pasteurización realizada al suero de leche durante la elaboración de la bebida. Huang et al. (2022) reportaron un porcentaje de 0.35 en una formulación a base de quinoa 1:7 (m/V) mientras que el valor en una bebida elaborada a base de leche de búfala usando quinoa como ingredientes alcanzó un valor de 3.95 y los valores reportados para el suero dulce, concentrados y aislados de proteína de suero de leche están dentro del intervalo de 1.07 a 6.25 (Paucar-Menacho et al., 2022; Huang et al., 2022), es decir, el aporte de grasa es relativamente igual o menor al de formulaciones estudiadas y algunas comerciales.

Durante la germinación, los numerosos cambios bioquímicos inducen en las semillas la degradación de macromoléculas como almidón y proteínas de reserva,

esta degradación da lugar a un incremento en la concentración de proteína compuestos fenólicos y fibra dietética (Pilco-Quesada et al., 2020), esto es la fuente de fibra que se registró en mayor concentración en la formulación respecto de la bebida testigo. Pilco-Quesada et al., 2020) reportaron un aumento del 100 % en el contenido de proteína en quinoa a las 48 horas de germinación, mientras que los valores de proteína en el suero dulce es de 12.98 g en base seca y en bebidas solo a base de suero dulce diluido con 9% de saborizante natural a base de agua fue 0.535 g/mL; en este trabajo ambas formulaciones con quinua son estadísticamente iguales. En relación a los carbohidratos, todas las muestras analizadas son diferentes, el valor más alto registrado fue para la formulación con mayor contenido de quinua (F1, Tabla 2). Diferentes estudios del uso de quinoa germinada en algunos alimentos han demostrado el aumento del contenido de proteína y fibra, pero también el de los carbohidratos, esto puede explicarse a los periodos cortos de germinación utilizados en los trabajos, de 0 a 72 horas (Paucar-Menacho et al., 2022; Pilco-Quesada et al., 2020; Abo Ali et al., 2022).

Tabla 3. Determinación de actividad antioxidante en las formulaciones de la bebida.

	DPPH ($\mu\text{M ET/mL}$)	FRAP ($\mu\text{M ET/mL}$)	FENOLES (EAG mg/mL)
F1	229.88 ^a	557.63 ^{ab}	1687.05 ^b
F2	75.08 ^b	641.67 ^a	1996.64 ^b
FC	136.61 ^b	423.91 ^b	3233.4 ^a

Los valores representan la media de 3 réplicas. Los valores con letra diferente indican la diferencia significativa en la prueba de Tukey con $P < 0.05$. columna

La actividad antioxidante de las formulaciones es presentada en la Tabla 3, donde se puede observar que la formulación F1 mostró la mayor actividad antioxidante (229.88 $\mu\text{M ET/mL}$) respecto a la F2 y al control (C), que no registraron diferencia significativa. En el caso de FRAP, no hubo diferencias significativas entre las formulaciones, pero sí respecto del testigo, en FRAP el valor más alto registrado fue para la F2 mientras que el C, al igual de en DPPH, registró el valor más bajo. Al analizar la cantidad de fenoles (Tabla 3), es claro que el mayor contenido lo tiene la bebida C con 3233 mg EAG/mL y no fue observada diferencia significativa entre las formulaciones, ambas con menor concentración de fenoles respecto a C. A pesar de mostrar el valor más alto en concentración de fenoles la bebida C arrojó los valores más bajos de actividad

antioxidante en ambas pruebas, es muy probable que la actividad de los fenoles, correspondientes al trigo, fue afectada por el proceso de elaboración de la bebida (López-Martínez et al., 2017). Por otra parte, la actividad antioxidante registrada para las formulaciones en gran medida puede atribuirse al suero de leche, pues se ha demostrado que los líquidos biológicos contienen moléculas y compuestos capaces de neutralizar los radicales libres (Shahidi y Zhong, 2015).

4. Conclusiones

En esta propuesta para el desarrollo de bebidas a base de un subproducto de la industria láctea, suero de leche, suplementado con quinoa, se demostró que las formulaciones a base de suero con quinoa tienen mejores características nutricionales, en función del

contenido más alto de cenizas (aporte de minerales), fibra y proteína respecto al control. Una desventaja es la concentración alta de carbohidratos que estuvieron presentes en mayor concentración en las bebidas que contenían quinoa, sin embargo, parte de estos carbohidratos funcionan como prebióticos. Otra característica importante es la actividad antioxidante de la bebida, que incrementó al aumentar el contenido de quinoa germinada, característica buscada en alimentos funcionales. Los resultados aportan conocimiento para el desarrollo de bebidas a base de suero de leche que mejoran al complementar con otros ingredientes como la quinoa.

Referencias

- Abo Ali, G., El-Dardiry, A. & El-Rhmany, A. (2022). Study of the chemical, rheological, functional, microstructure, microbial, and sensory properties of Kareish cheese fortified with germinated quinoa seeds and processed using ultrasound technology. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(11), 515-529.
- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. & Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 119, 770 - 778.
- Benzie, I. & Strain, J. (1999). Ferric reducing (antioxidant) power as a measure of antioxidant capacity: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70 - 76.
- Bhinder, S.K. (2021). Impact of germination on phenolic composition, antioxidant properties, antinutritional factors, mineral content and Maillard reaction products of malted quinoa flour. *Food Chemistry*, 346, 128915.
- Bianchi, F., Rossi, E., Gomes, R. & Sivieri, K. (2015). Potentially synbiotic fermented beverage with aqueous extracts of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and soy. *Food Science and Technology International*, 21(6), 401-415.
- Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L.M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220.
- Chacón-Gurrola, L.R., Chávez-Martínez, A., Rentería-Monterrubio, A.L. & Rodríguez-Figueroa, J.C. (2017). Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades. *Interciencia*, 712-718.
- Darwish, A.M., Al-Jumayi, H.A., & Elhendy, H.A. (2021). Effect of germination on the nutritional profile of quinoa (*Cheopodium quinoa* Willd.) seeds and its anti-anemic potential in Sprague-Dawley male albino rats. *Cereal Chemistry*, 98(2), 315-327.
- Diario Oficial de la Federación (1979). NOM-F-90-S-1978. Determinación de Fibra Cruda en Alimentos.
- Diario Oficial de la federación (1980). NOM-F-68-S-1980. Alimentos Determinación de Proteínas.
- Diario Oficial de la Federación (1986). NMX-F-083-1986. Determinación de humedad en productos alimenticios.
- Diario Oficial de la Federación (1994). NOM-112-SSA1-1994. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
- Diario Oficial de la Federación (2019). NMX-F-615-NORMEX-2018. Determinación de extracto etero (método soxhlet) en alimentos.
- Diario Oficial de la Federación (2022). NMX-F-607-NORMEX-2020. Determinación de cenizas en alimentos.
- Fernandes, C., Sonawane, K.S., & Arya, S.S. (2018). Cereal based functional beverages: A review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 8(3), 914-919.
- Fouad, A. A. and Rehab, F. M. A., (2015) (233–246), Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) sprouts. *Acta Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria*, 14(3), 233-246
- Franco, W., Evert, K., & Van Nieuwenhove, C. (2021). Quinoa flour, the germinated grain flour, and sourdough as alternative sources for gluten-free bread formulation: Impact on chemical, textural and sensorial characteristics. *Fermentation*, 7(3), 115.
- Huang, K., Liua, Y., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D.-k., Yi, C. & Guan, X. (2022). Formulation of plant-based yoghurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory and functional properties. *Food Bioscience*, 49, 101831.
- Huraca-Aparco, R., Tapia-Tadeo, F., Kari-Ferro, A. & Alvarez-Arias, C. (2021). Contenido mineral y

- proteína en germinados de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *ALFA*, 517-520.
- Kaur, I. & Tanwar, B. (2016). Quinoa beverage: Formulation, processing and portential health benefits. *Romanian Journal of Diabetes Nutrition and Metabolic Diseases*, 23(2), 215 - 225.
- López-Martínez, L., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. & Heredia, J. (2017). Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of Functional Foods*, 38, 624-634.
- Nelson, K., Stojanovska, L., Vasiljevic, T. & Mathai, M. (2013). Germinated grains: a superior whole grain functional food? *Canadian Journal Physiology and Pharmacology*, 91, 429-441.
- Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food chemistry*, 193, 47-54.
- Padmashree, A.N. (2019). Effect of Germination on Nutritional, Antinutritional and Rheological. *Defence Life Science Journal*, 55-60.
- Paucar-Menacho, L.M., Schmiele, M., Lavado-Cruz, A.A., Verona-Ruiz, A.L., Mollá, C., Peñas, E., et al. (2022). Andean Sprouted Pseudocereals to Produce Healthier Extrudates: Impact in Nutritional and Physicochemical Properties. *Foods*, 11, 3259.
- Pilco-Quesada, S., Tian, Y., Yang, B., Repo-Carrasco-Valencia, R. & Soumela, J.-P. (2020). Effects of germination and kilning on the phenolic compounds and nutritional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 94, 102996.
- Repo-Carrasco-Valencia, R.A.-M., & Serna, L.A. (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(1), 225-230.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18, 757-781.
- Ujiroghene, O. J., Liu, L., Zhang, S., Lu, L., Zhang, C., Pang, X., & Lv, J. (2019). Potent α -amylase inhibitory activity of sprouted quinoa-based yoghurt beverages fermented with selected anti-diabetic strains of lactic acid bacteria. *RSC Advances*, 9, 9486-9493.