

Evaluación y selección de variedades de quinua nativa con potencial para el malteado

Evaluation of native quinoa varieties with potential for the malting

Luis León Mendoza

Laboratorio de Biotecnología Feynman, Cervecería Costera S.A.C, Moche -Trujillo,
PERÚ
CP 13600
leonmendoza9@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9522-4784>

Víctor Herrera Mestanza

Laboratorio de Biotecnología Feynman, Cervecería Costera S.A.C, Moche -Trujillo,
PERÚ
CP 13600.
<https://orcid.org/0000-0003-4343-5357>

José González Cabeza

Laboratorio de Microbiología Molecular y Biotecnología, Facultad de Ciencias de
la Salud, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ
CP 13006.
<https://orcid.org/0000-0003-3022-9423>

Recibido: 18-IV-2021; aceptado: 29-V-2021; publicado online: 31-VII-2021; publicado impreso: 31-VIII-2021

Resumen

La “quinua” *Chenopodium quinoa* (Amaranthaceae) es un alimento básico en la nutrición humana con diferentes aplicaciones, siendo el malteado de gran interés en la industria de alimentos. En el norte de Perú, una de las principales regiones productoras de “quinua” es La Libertad, y sus principales provincias productoras de quinua son Julcán, Sánchez Carrión y Santiago de Chuco. Por tal motivo, el objetivo de la investigación fue identificar variedades de quinua nativa en la región La Libertad, Perú con potencial para el malteado. Las variedades colectadas fueron Blanca Junín, Blanca Huancayo y Hualhuas, que fueron liberadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria. Se colectaron 52 muestras; que fueron analizadas en dos fases. La primera fue el análisis del porcentaje de humedad, proteína y almidón toral del grano maduro. La segunda fue la determinación del porcentaje de proteína, amilasa, amilopectina y almidón total en los granos malteados. Posteriormente se aplicó un análisis de varianza unidireccional a los promedios de los resultados. Se encontró diferencia estadística significativa entre las variedades de quinua en el grano maduro, sin embargo, no se encontró una diferencia estadística significativa en el grano malteado. Por tanto, para la industria de bebidas fermentadas e industria de alimentos se recomienda la variedad Hualhuas.

Palabras clave: “Quinua”, Blanca Junín, Blanca Huancayo, Hualhuas, malteado

Abstract

The “quinua” *Chenopodium quinoa* (Amaranthaceae) is a basic food in human nutrition with different applications, being the malting of great interest in the food industry. In northern Peru, one of the main quinoa producing regions is La Libertad, and its main quinoa producing provinces are Julcán, Sánchez Carrión and Santiago de Chuco. Therefore, the objective of the research was to identify varieties of native quinoa in the La Libertad region, Peru with potential for malting. The varieties collected were Blanca Junín, Blanca Huancayo and Hualhuas, which were released by the National Institute of Agrarian Innovation. 52 samples were collected; which were analyzed in two phases. The first was the analysis of the percentage of moisture, protein and total starch of the mature grain. The second was the determination of the percentage of protein, amylase, amylopectin and total starch in the malted grains. Subsequently, a one-way analysis of variance was applied to the averages of the results. A statistically significant difference was found between the varieties of quinoa in the mature grain, however, a statistically significant difference was not found in the malted grain. Therefore, for the fermented beverage industry and the food industry, the Hualhuas variety is recommended.

Keywords: Quinoa, Blanca Junín, Blanca Huancayo, Hualhuas, malting

Citación: León, L.; V. Herrera & J. González. 2021. Evaluación y selección de variedades de “quinua” nativa con potencial para el malteado.

Arnaldoa 28(2):383-396 doi: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.282.28208>

Introducción

La “quinua” *Chenopodium quinoa* es un pseudocereal que pertenece a la familia Amaranthaceae con aproximadamente 250 especies en todo el mundo, de alto valor nutritivo debido su nivel de proteínas y aminoácidos esenciales; por tal motivo es un ingrediente fundamental en la

elaboración de harina, galletas, confitería y otros procesos transformativos (Sezgin et al., 2019).

El malteado es uno de los procesos transformativos en los que se puede emplear la quinua, lo que le permite a los granos desarrollar aromas y sabores característicos además de influir en

la actividad enzimática, contenido de almidón y otros compuestos estructurales (Coghe *et al.*, 2006). Así mismo, permite la degradación de compuestos de alto peso molecular como proteína y hemicelulosa de las paredes del endospermo para lograr una procesabilidad de la malta en los diferentes procesos en los que se emplee (Müller & Methner, 2015).

A causa de la competitividad en los diferentes mercados de la industria de alimentos y bebidas, además, del intento de ampliar la oferta desarrollando nuevos e innovadores productos para satisfacer la constante demanda del consumidor (Bogdan & Kordialik-Bogacka, 2017). Así mismo, los consumidores son cada vez más conscientes de la relación entre dieta, salud y bienestar, dando como resultado la elección de alimentos más saludables y nutritivos (Griffin & Sobal, 2014; Wu *et al.*, 2017). El malteado de pseudocereales, como la quinua, se presenta como una opción para satisfacer esta creciente demanda debido a su capacidad de preservar o mejora la calidad proteica aumentando su calidad nutritiva (Motta *et al.*, 2019). De acuerdo con Herrera-Gamboa *et al.* (2018) la calidad de la malta está definida por las características de los granos empleados; el proceso de malteado induce las enzimas necesarias para transformar la composición del grano en los diferentes componentes de la malta; dentro de estas características están el porcentaje de humedad, contenido de proteína, almidón, amilasa y amilopectina.

En Perú, de acuerdo con el Anuario de Producción Agrícola 2018, la superficie cultiva fue de 65 mil hectáreas con una producción de 86 mil toneladas y un rendimiento de 1.3 kg/ha. En la región norte el departamento de mayor producción fue La Libertad con una superficie cultivada de 2.7 mil hectáreas con una producción de 3.5

mil toneladas y un rendimiento de 1.6 kg/ha (MINAGRI, 2020).

Actualmente en Perú, no se cuenta con variedades quinua identificadas para el proceso de malteado, ni empresas nacionales dedicadas a la elaboración de este insumo, sin embargo, se cuenta con un amplio mercado de comercialización de maltas de quinua, a partir de la información recopilada del portal de Exportación/Importación, Aduanas, desde el 2010 hasta el 2016, se ha importado un aproximado de 165 mil toneladas de malta de quinua por un valor de 594 millones de dólares, por el valor de la mercancía puesta a bordo de un transporte marítimo (*Free On Board*, FOB), en el 2016, se importó un aproximado de 44 mil toneladas de malta, con un valor de FOB de 104 millones de dólares.

En base a las consideraciones anteriores, el presente estudio tuvo como objetivo seleccionar variedades quinua nativo de la región de La Libertad con potencial para el malteado en la industria de alimentos y bebidas fermentadas. Para alcanzar este objetivo se evaluó los principales rasgos de calidad en la malta, tales como: humedad, contenido de proteína, almidón total, amilasa y amilopectina.

Materiales y métodos

Origen y colección de muestras

Las variedades de “quinua” colectadas, fueron aquellas que fueron liberadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Estas variedades fueron Blanca Junín, Blanca Huancayo y Hualhuas. La toma de muestra se realizó de forma aleatoria en los distritos de mayor producción de tres provincias del departamento de La Libertad, Perú.

Se colectaron 52 muestras de quinua, 79,2% corresponde a la variedad Blanca Junín, 11,3% Hualhuas y 9,5% Blanca Huancayo. Por cada sitio de muestreo se realizó una muestra contractual, que es representativa para cada sitio de muestreo, para posteriormente someterla a análisis (Tabla 1). Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Biotecnología Feynman de Cervecería Costera S.A.C, Moche - Perú, para su análisis, el cual se dividió en dos fases. La primera incluyó la determinación del porcentaje de humedad, proteína y almidón total del grano de quinua. La segunda fue la determinación del porcentaje de proteína, amilasa, amilopectina y almidón total en los granos malteados de quinua.

Determinación del Porcentaje de Humedad

Para determinar el porcentaje de humedad en el grano maduro de quinua, se empleó el método convencional descrito por García-Mogollón *et al.* (2017) que consistió en pesar 5 g de grano maduro de quinua y secado en estufa con aire forzado de 100-105 °C por 5 horas hasta alcanzar un peso constante, posteriormente se colocaron las muestras en un desecador por 20 minutos; el porcentaje de humedad se calculó mediante la diferencia entre el peso inicial y final

Determinación del Porcentaje de Proteína

Para determinar el porcentaje de proteína en el grano maduro y malteado de quinua, se empleó el método de Kjeldahl descrito por Pérez-Ramos *et al.* (2017), para la aplicación de este método las muestras fueron molidas y cernidas en un tamiz de 0.5 mm, para posteriormente someterlo a la digestión con sulfato de cobre/sulfato de potasio (relación 5:1) y ácido sulfúrico,

la mezcla resultante se neutralizó con hidróxido de sodio y se destiló. El destilado se recogió en una solución de ácido bórico para ser titulado con ácido clorhídrico y calculado utilizando 6.25 como factor de conversión de nitrógeno.

Determinación de Almidón Total

Para determinar el contenido de almidón total en el grano maduro y malteado de quinua, se empleó el kit *Total Starch* de Megazyme, el proceso empleado fue el descrito por McCleary *et al.* (2019). Para la aplicación del kit, se molió 50 g de grano y se pasó por un tamiz de 0.5 mm; se tomó 100 mg de la muestra molida y se depositó en tubo con 0.2 mL de etanol al 80% y se agitó hasta homogenizar el contenido; luego, se adicionó 3 mL de alfa-amilasa diluida en acetato de sodio (relación 1:30) y fue incubada en agua hirviendo por 6 minutos. Posteriormente se adicionó 0.1 mL de aminoglucosidasa y se incubó a 50°C en Baño María por 30 minutos, la mezcla se trasvasó y aforó en fioles de 100 mL; se filtró el contenido para adicionar 3 mL de glucosa oxidasa/peroxidasa (GOPOD) y se incubó a 50°C en Baño María por 20 minutos. Finalmente, se realizó la lectura por espectrofotometría a 510 nm, para el control se empleó un estándar de D-glucosa y el blanco consistió en 0.1 mL de agua destilada con 3 mL de GOPOD.

Proceso de Micro-Malteado

Para el malteado de quinua se empleó una planta de micro-malteado diseñada y construida por Cervecería Costera S.A.C con una capacidad de hasta 100 kg. El proceso empleado es similar al descrito por Aguilar *et al.* (2019), con algunas modificaciones; el proceso constó de cuatro etapas: Hidratación (lavado), germinación, secado y descortezado. La primera etapa fue el lavado, que consistió en el remojo de granos

en un tanque cilíndrico cónico con aireación constante, el proceso duro 4 horas a 25°C hasta alcanzar una humedad relativa de 45 a 55%. La segunda etapa fue la germinación, se realizó en un tanque rotatorio, con una capacidad de hasta 100 kg, por 48 horas a 25 °C y cada 8 horas se utilizaba rociadores para mantener una humedad relativa de 95% medido mediante un temohidrómetro digital. Una vez que la radícula alcanzo 7 a 10 mm de longitud, se inició con la tercera etapa, el secado de los granos, realizado en el tanque rotatorio y un horno, el proceso duró 24 horas a 55°C con una humedad relativa final de 5-8%. Finalmente, las radículas se eliminaron por contacto en el tanque de rotatorio, los granos fueron retirados mediante un tornillo sin fin a una faja transportadora para su empaçado en sacos.

Determinación del Porcentaje de Amilosa/Amilopectina

Para determinar el contenido de amilosa y amilopectina se empleó el kit Amylose/ Amylopectin de Megazyme, el proceso empleado fue el descrito por Trinh *et al.* (2013). Para la aplicación del kit, se realizó un pre-tratamiento de las muestras que consistió en moler 50 g de grano y se pasó por un tamiz de 0.5 mm; se tomó 0.02 g de la muestra molida y se depositó en tubo con 2 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) en Baño Caliente a 85 °C por 15 minutos, se añadió etanol (15 ml) y se centrifugó a 10 000 g durante 10 min. Después de decantar el sobrenadante, el sedimento se volvió a disolver en 1,5 ml de agua destilada y se hirvió durante 20 minutos, luego se adiciono 4 mL de Concanavalina A (Con A). Se añadió 1.5 ml de tampón de acetato de sodio 60 mM (pH 4,3) y 30 ml (30 U) de isoamilasa. La mezcla se incubó a 45 ° C durante 2 h, y la reacción se detuvo agregando 6 ml de DMSO puro e hirviendo durante 10 min. Finalmente, se realizó la

lectura por espectrofotometría a 510 nm, para el control se empleó un estándar de D-glucosa y el blanco consistió en 1 mL de agua destilada con 4 mL de GOPOD.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, se realizó un estudio comparativo mediante el análisis de varianza unidireccional de los promedios de las tres repeticiones del porcentaje de humedad, proteína, almidón total, amilasa y amilopectina, teniendo en cuenta un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ mediante Minitab 19 Statistical Software.

Resultados y discusión

Porcentaje de Humedad

Los porcentajes de humedad promedio de las variedades de quinua Blanca Junín fue 13,69%, Blanca Huancayo 11,70% y Hualhuas 14,70%. El mayor porcentaje de humedad fue de 16,30% y el menor de 11,50%, correspondientes a las variedades Hualhuas cód. H-SC-CA-6 y Blanca Junín cód. B-SC-SA-12, respectivamente (Tabla 2).

La calidad de la malta está influenciada por las propiedades del grano, un elevado porcentaje de humedad, provocan que el grano sea más susceptible a la activación enzimática, convirtiendo el almacenamiento junto con el contenido de humedad una etapa crítica en proceso de germinación (Singkhornart & Ryu, 2011; Faltermaier *et al.*, 2014); esto influye en las propiedades físicas de los granos, como densidad aparente, densidad verdadera, ángulo de fricción interna, porosidad y coeficiente estático de fricción; un incremento en el contenido de humedad afecta significativamente la longitud, ancho, espesor, diámetro medio aritmético y geométrico del grano (Sologubik *et al.*, 2013), variaciones en la forma y estructura física del grano; lo que determina su

selección, previo al proceso de germinación, debido a que afecta la uniformidad durante el malteado, disminuyendo así su calidad (Muñoz-Insa *et al.*, 2013).

Porcentaje de Proteína

Los porcentajes promedio de proteína del grano maduro de las variedades de quinua Blanca Junín fue de 12,28%, Hualhuas 12,28 % y Centenario 10,86%. El mayor porcentaje de proteína fue 13,56 % y el menor de 11,00 % correspondientes a las variedades de Hualhuas cód. H-SC-CA-6 y Hualhuas cód. H-J-CA-2, respectivamente (Tabla 2).

En el grano malteado de “quinua”, el porcentaje promedio de proteína de las variedades de Blanca Junín fue de 16,32%, Hualhuas 16,63% y Blanca Huancayo 16,07%. El mayor porcentaje de proteína fue de 17,33% y el menor de 15,85% correspondientes a las variedades de Blanca Junín cód. H-SC-CA-6 y Hualhuas cód. B-SC-CA-3, respectivamente (Tabla 3).

Los granos de “quinua” son esféricos, planos con un diámetro aproximado de 1,4-1,6 mm, compuestos por un perispermo central y un embrión periférico; el endosperma está presente solo en la región micropilar de la semilla como un capuchón que rodea la punta de la radícula, la disposición del almacenamiento está compartimentada: el almidón se encuentra en el perispermo, mientras las proteínas y lípidos se encuentran en el embrión y endosperma (Mäkinen *et al.*, 2014); una característica primordial para determinar si un grano se puede maltear, es el contenido de proteína, que puede variar según el genotipo o entre los mismos cultivos (Gregorio *et al.*, 2016).

De acuerdo Chaparro *et al* (2010), el contenido de proteína varía después de la

germinación, debido al efecto del tiempo de germinación sobre el contenido de proteína en granos de quinua, así mismo, determinó que durante los dos primeros días de germinación, existe un incremento significativo en el contenido de proteína, comparados con los granos sin germinar (día cero) y concluyó que la germinación induce cambios en el contenido de proteína de forma particular en cada tipo de granos, resultados similares a los que obtuvo Bravo *et al* (2013) que evaluaron el efecto de los granos maduros de quinua de la variedad Blanca Junín los quienes determinaron que el porcentaje promedio de proteína fue de 13,09%; los resultados similares a los obtenidos en la presente investigación.

Porcentaje de Almidón Total

El contenido promedio de almidón de los granos maduros de las variedades de quinua Blanca Junín 62,30 %, Hualhuas 65,29 % y Blanca Huancayo 62,33 %. El mayor contenido de almidón del grano maduro fue 67,78 % y el menor de 60,13% correspondientes a Blanca Junín cód. B-J-CA-3 y Blanca Junín cód. B-SC-SA-6 (Tabla 2).

Respecto al grano malteado de quinua, el contenido promedio de almidón de los granos germinados de las variedades de quinua Blanca Junín 41,87 %, Hualhuas 44,01 % y Blanca Huancayo 42,43%. El mayor contenido de almidón del grano malteado de quinua fue de 46,03% y el menor de 38,08% correspondiente a Blanca Junín cód. B-J-CA-3 y Blanca Junín cód. B-SC-CA-3 (Tabla 3).

De acuerdo con Martínez-Villaluenga *et al.* (2020), los pseudocerales como la “quinua”, presentan un porcentaje de carbohidratos que fluctúa entre el 60 a 80% del peso del grano seco, siendo el almidón el de mayor importancia con un porcentaje

entre el 65,0 al 75,0% del peso seco total del grano. El almidón puede ser clasificado como rápidamente digerible, lentamente digerible y resistente, dependiendo que tan rápido puede ser digerido en el intestino. El almidón resistente es considerado como benéfico debido que no puede ser digerido y absorbido en el intestino delgado llegando al colon donde es fermentado lentamente por microorganismos produciendo cadenas cortas de ácidos grasos. Algunos pseudocereales como la quinua comúnmente tiene un contenido de 14% de almidón resistente del total del almidón (Lockyer & Nugent, 2017).

Porcentaje de Amilasa/Amilopeptina

El contenido promedio de amilasa de los granos malteados de las variedades de quinua Blanca Junín fue 18,89%, Hualhuas 19,82% y Blanca Huancayo 18,82%. El mayor contenido de amilasa del grano malteado fue 22,00% y el menor de 16,41%, correspondientes a Hualhuas cód. H-SC-CA-6 y Blanca Junín cód. B-J-CA-3 (Tabla 3).

El contenido promedio de amilopeptina de los granos germinados de las variedades de quinua Blanca Junín fue 80,61%, Hualhuas 81,96% y Blanca Huancayo 81,18%. El mayor contenido de amilopeptina del grano malteado de la variedad fue 83,59% y el menor de 81,18 % correspondientes a Blanca Junín cód. B-J-CA-3 y Blanca Huancayo cód. B-SC-CA-5 (Tabla 3).

El almidón juega un rol crucial en las propiedades funcionales de la "quinua" y derivados de esta, los gránulos de almidón presentan un bajo contenido de amilasa comparado con otros granos. La amilopeptina tiene una significativa cantidad de cadenas cortas; además de la genética, el

contenido de amilosa en la "quinua" puede verse afectado por la presencia de cadenas largas de amilopeptina, según el método de cuantificación; la estructura de amilopeptina única confiere al almidón de la quinua varias propiedades fisicoquímicas especiales, como temperaturas de gelatinización bajas y retrogradación lenta (Li & Zhu, 2018).

Las variaciones de la concentración del almidón entre el grano maduro y malteado se deben a que durante la germinación se producen enzimas líticas entre estas están, la α -amilasa y β -amilasa, que actúan en la degradación del almidón conduce a la formación de una mezcla de azúcares simples, a mayor concentración de amilasa, mayor formación de estos azúcares, por lo que se consideró que los valores de amilasa encontrados en la presente investigación son elevados, siendo de importancia por estar relacionados con la formación de azúcares (Moongngarm & Saetung, 2010; Wu *et al.*, 2013; Kalita *et al.*, 2017).

Análisis estadístico y selección de variedades

De acuerdo con el análisis estadístico de varianza unidireccional en el grano maduro de "quinua", se encontró una diferencia significativa entre las tres variedades de quinua referente a los parámetros de porcentaje de humedad, proteína y almidón total. La variedad Hualhuas, presentó el porcentaje de humedad, almidón total y proteína más elevados.

El análisis estadístico de varianza unidireccional en el grano malteado de quinua, no encontró una diferencia significativa entre las variedades de quinua, respecto al porcentaje de proteína, almidón total, amilosa y amilopeptina.

De acuerdo con el análisis estadístico, existe una diferencia entre los resultados del

grano maduro y malteado, esto debido a que el porcentaje de humedad está relacionado a las condiciones de almacenamiento, y esto influye en los parámetros como almidón y proteína. Similar, a lo mencionado por Bravo *et al.* (2013), que determinaron que los granos guardado en buenas condiciones conservan sus propiedades físico químicas y nutricionales por mayor tiempo, así mismo, los granos sometidos a procesos germinativos tienen mejores propiedades nutricionales como proteínas. En su investigación, mencionan también que la presencia de pesticidas puede afectar el proceso de germinación, además, se genera una disminución del almidón en los granos germinados.

Para esta investigación se consideró para la selección de variedades de “quinua”, los resultados en el grano maduro, debido a que existe una diferencia estadística significativa entre las variedades, de acuerdo con nuestros resultados, se propone para la industria de bebidas fermentadas una variedad con elevado contenido de almidón y bajo contenido de proteínas, que corresponde a la variedad Hualhuas; teniendo en consideración que en las bebidas fermentadas un elevado contenido de proteína ocasiona turbidez, astringencia y defectos en la bebida, sin embargo, valores bajos brinda estabilidad a la espuma, además de brindar nitrógeno amino libre como fuente de energía para procesos de fermentación de la levadura, así mismo, un elevado contenido de almidón, actúa como fuente de glucosa y dextrinas, y es inversamente proporcional con el porcentaje de proteína (Muñoz-Insa *et al.*, 2013). Sin embargo, en este estudio no se pudo demostrar esta correlación.

Por otra parte, para la industria de alimentos, se recomienda una variedad de “quinua” con elevado contenido

de proteína, la cual sería la variedad Hualhuas. Debido a que el valor proteico de un alimento se mide con base en dos factores: el balance proteico y contenido de aminoácidos esenciales. Durante la etapa de germinación, los compuestos de almacenamiento de la semilla se movilizan por una variedad de enzimas sintetizadas y activadas, lo que resulta en una mejor degradación de la proteína y biodisponibilidad de minerales como calcio y hierro; por esta razón se emplean granos de alto contenido proteico para la industria alimentaria con el fin de aprovechar sus bondades nutricionales y permitir a los consumidores una alimentación sana. (Mäkinen *et al.*, 2013; Forero *et al.*, 2016).

Conclusiones

Los resultados obtenidos mediante análisis comparativo de varianza unidireccional de los análisis fisicoquímicos en el grano malteado y maduro de “quinua”, colectados de diferentes distritos de la región de La Libertad, muestran que existe una diferencia estadística significativa entre las variedades de quinua de grano maduro, en los parámetros de porcentaje de humedad, proteína y almidón total, sin embargo, no se encontró una diferencia estadística significativa en los parámetros del grano malteado de quinua. De acuerdo a esto los autores recomiendan, para la industria de bebidas fermentadas y alimentos la variedad Hualhuas, debido al alto contenido de almidón y proteína.

Agradecimiento

Se agradece el financiamiento de FONDECYT a través de su programa de Ideas Audaces 2016-I y a la empresa Cervecería Costera S.A.C por su total respaldo en la redacción de este artículo generado a partir del proyecto de investigación “Maltería:

desarrollo de una nueva industria nacional para el fomento del mercado de bebidas malteadas de origen peruano a base de quinua y trigo nativos”.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés alguno

Declaración de disponibilidad de datos

Toda la data relevante a la investigación se muestra dentro del mismo manuscrito

Contribución de los autores

L.L.M. definió la idea inicial. L.L.M. y V.H.M. realizaron las expediciones en campo. L.L.M. y J.G.C. redactaron el manuscrito inicial. L.L.M., J.G.C. y V.H.M. realizaron las correcciones finales.

Información de financiamiento

Este estudio fue financiado por FONDECYT a través de su programa de Ideas Audaces 2016-I a la empresa Cervecería Costera S.A.C a partir del proyecto de investigación “Maltería: desarrollo de una nueva industria nacional para el fomento del mercado de bebidas malteadas de origen peruano a base de quinua y trigo nativos”.

Literatura citada

Aguilar, J.; A. C. Miano; J. Obregón; J. Soriano-Colchado & G. Barraza-Jáuregui. 2019. Malting process as an alternative to obtain high nutritional quality quinoa flour. *Journal of Cereal Science*, 90, 102858. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102858>.

Bogdan, P. & E. Kordialik-Bogacka. 2017. Alternatives to malt in brewing. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.001>.

Bravo, M.; J. Reyna & M. Huapaya. 2013. Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de “quinua” (*Chenopodium quinoa*) y

“Kiwicha” (*Amarantus caudatus*). *Revista peruana de química e ingeniería química*, 16(1): 54-60.

Chaparro Rojas, D. C.; R. Y. Pismag Portilla; A. Elizalde Correa; N. J. Vivas Quila & C. A. Erazo Caicedo. 2010. Effect of the germination on the protein content and digestibility in amaranth, quinoa, soy bean and guandul seeds. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1): 35-42.

Coghe, S.; B. Gheeraert; A. Michiels & F. R. Delvaux. 2006. Development of Maillard reaction related characteristics during malt roasting. *Journal of the Institute of Brewing*, 112(2), 148-156. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00244.x>.

Faltermaier, A.; D. Waters; T. Becker; E. Arendt & M. Gastl. 2014. Common wheat (*Triticum aestivum* L.) and its use as a brewing cereal: A review. *Journal of the Institute of Brewing*, 120: 1-15. <https://doi.org/10.1002/jib.107>.

García-Mogollón, C.; A. Alvis-Bermudez & S. Dussán-Sarria. 2017. Validación del Método de Microondas para Determinar Humedad en Ñame Espino (*Dioscorea rotundata* Poir). *Información tecnológica*, 28(2): 87-94. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000200010>

Griffin, M. K. & J. Sobal. 2014. Consumer food system participation: a community analysis. *Ecology of food and nutrition*, 53(6), 579-595. <https://doi.org/10.1080/03670244.2014.891992>.

Gregorio, J.; P. Lanza; C. Churión & N. Gómez. 2016. Comparación entre el método Kjeldahl tradicional y el método Dumas automatizado (N cube) para la determinación de proteínas en distintas clases de alimentos. *SABER*, 28: 245-249.

Herrera-Gamboa, J. G.; C. B. López-Alvarado; E. Pérez-Ortega; L. C. Damas-Buenrostro; J. C. Cabada-Amaya & B. Pereyra-Alfárez. 2018. Proteomic analysis of two malting barleys (*Hordeum vulgare* L.) and their impact on wort quality. *Journal of Cereal Science*, 80, 150-157. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.02.004>.

Kalita, D.; B. Sarma & B. Srivastava. 2017. Influence of germination conditions on malting potential of low and normal amylose paddy and changes in enzymatic activity and physico chemical properties. *Food chemistry*, 220: 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.193>.

Lockyer, S. & A. P. Nugent. 2017. Health effects of resistant starch. *Nutrition bulletin*, 42(1): 10-41. <https://doi.org/10.1111/mbu.12244>.

- Li, G. & F. Zhu.** 2018. Quinoa starch: Structure, properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*, 181, 851-861. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.067>.
- Martínez-Villaluenga, C.; E. Peñas & B. Hernández-Ledesma.** 2020. Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111178. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>.
- Mäkinen, O.; E. Zannini & E. Arendt.** 2013. Germination of Oat and Quinoa and Evaluation of the Malts as Gluten Free Baking Ingredients. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68: 90–95. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0335-3>
- McCleary, B. V.; L. M. Charmier & V. A. McKie.** 2019. Measurement of Starch: Critical Evaluation of Current Methodology. *Starch-Stärke*, 71(1-2), 1800146. <https://doi.org/10.1002/star.201800146>.
- MINAGRI, Ministerio Nacional de Agricultura.** 2020. Anuario Estadístico de Producción Agrícola en 2018. Disponible en: <http://siesa.minagri.gob.pe/siesa/?q=produccion-agricola>.
- Motta, C.; I. Castanheira; G. B. Gonzales; I. Delgado; D. Torres; M. Santos & A. S. Matos.** 2019. Impact of cooking methods and malting on amino acids content in amaranth, buckwheat and “quinoa”. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.10.001>.
- Moongngarm, A. & N. Saetung.** 2010. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. *Food Chemistry* 122: 782–788. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.053>.
- Müller, C. & F. J. Methner.** 2015. An accelerated malting procedure—influences on malt quality and cost savings by reduced energy consumption and malting losses. *Journal of the Institute of Brewing*, 121(2): 181-192. <https://doi.org/10.1002/jib.225>.
- Muñoz-Insa, A.; H. Selciano; M. Zarnkow; T. Becker & M. Gastl.** 2013. Malting process optimization of spelt (*Triticum spelta* L.) for the brewing process. *LWT - Food Science and Technology*, 50: 99-109. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.06.019>.
- Pérez-Ramos, K.; C. Elías-Peñañiel & V. Delgado-Soriano.** 2017. Bocadito con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), “tarwi” (*Lupinus mutabilis* Sweet) y “camote” (*Pomoea batatas* L.). *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 377-388. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.09>.
- Sezgin, A. C. & N. Sanlier.** 2019. A new generation plant for the conventional cuisine: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Trends in Food Science & Technology*, 86, 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.039>.
- Singkhornart, S. & G. H. Ryu.** 2011. Effect of Soaking Time and Steeping Temperature on Biochemical Properties and γ -Aminobutyric Acid (GABA) Content of Germinated Wheat and Barley. *Preventive Nutrition and Food Science*, 16: 67-73. <https://doi.org/10.3746/jfn.2011.16.1.067>
- Sologubik, C. A.; L. A. Campañone; A. M. Pagano & M. C. Gely.** 2013. Effect of moisture content on some physical properties of barley. *Industrial Crops and Products* 43: 762-767. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.019>.
- Trinh, K. S.; S. J. Choi & T. W. Moon.** 2013. Structure and digestibility of debranched and hydrothermally treated water yam starch. *Starch-Stärke*, 65(7-8): 679-685. <https://doi.org/10.1002/star.201200149>.
- Wu, G.; C. F. Morris & K. M. Murphy.** 2017. Quinoa starch characteristics and their correlations with the texture profile analysis (TPA) of cooked “quinoa”. *Journal of Food Science*, 82(10), 2387-2395. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13848>.

Tabla 1. Número de muestras recolectadas y procedencia de las variedades de “quinua” (*Chenopodium quinoa*)

| Variedad | Provincia | Distrito | Código | Numero de Muestras |
|-----------------|-------------------|---------------------|------------|--------------------|
| Blanca Junín | Santiago de Chuco | Algallama | B-SC-AL-3 | 3 |
| Blanca Junín | Santiago de Chuco | Angasmarca | B-SC-AN-6 | 6 |
| Hualhuas | Sánchez Carrión | Cahuadan | H-SC-CA-6 | 6 |
| Blanca Junín | Sánchez Carrión | Cahuadan | B-SC-CA-3 | 3 |
| Blanca Junín | Julcán | Carabamba | B-J-CA-3 | 3 |
| Hualhuas | Julcán | Carabamba | H-J-CA-2 | 2 |
| Blanca Huancayo | Sánchez Carrión | Carracmaca | B-SC-CA-5 | 5 |
| Blanca Junín | Santiago de Chuco | Santa Cruz de Chuca | B-SC-SA-6 | 6 |
| Blanca Junín | Santiago de Chuco | Santiago de Chuco | B-SC-SA-6 | 6 |
| Blanca Junín | Sánchez Carrión | Sartibamba | B-SC-SA-12 | 12 |

Tabla 2. Resultados de los promedios del análisis del porcentaje de humedad, proteína y almidón total en el grano de “quinua” (*Chenopodium quinoa*)

| Variedad | Código | Humedad | Proteína | Almidón Total |
|-----------------|------------|---------|----------|---------------|
| Blanca Junín | B-SC-AL-3 | 14.40% | 12.86% | 62.81% |
| Blanca Junín | B-SC-AN-6 | 12.10% | 11.90% | 63.78% |
| Hualhuas | H-SC-CA-6 | 16.30% | 13.56% | 64.88% |
| Blanca Junín | B-SC-CA-3 | 15.10% | 11.06% | 60.41% |
| Blanca Junín | B-J-CA-3 | 14.00% | 12.88% | 67.48% |
| Hualhuas | H-J-CA-2 | 13.10% | 11.00% | 65.69% |
| Blanca Huancayo | B-SC-CA-5 | 11.70% | 10.86% | 62.33% |
| Blanca Junín | B-SC-SA-6 | 14.90% | 12.58% | 60.13% |
| Blanca Junín | B-SC-SA-6 | 13.80% | 12.14% | 60.50% |
| Blanca Junín | B-SC-SA-12 | 11.50% | 12.18% | 61.02% |

Tabla 3. Resultados de los promedios del análisis del porcentaje de proteína, amilasa, amilopectina y almidón total en el grano malteado de “quinua” (*Chenopodium quinoa*)

| Variedad | Código | Proteína | Almidón Total | Amilosa | Amilopectina |
|-----------------|------------|----------|---------------|---------|--------------|
| Blanca Junín | B-SC-AL-3 | 16.11% | 43.68% | 19.03% | 80.97% |
| Blanca Junín | B-SC-AN-6 | 16.18% | 44.47% | 17.29% | 82.71% |
| Hualhuas | H-SC-CA-6 | 17.33% | 42.86% | 22.00% | 81.56% |
| Blanca Junín | B-SC-CA-3 | 15.85% | 38.08% | 18.44% | 78.00% |
| Blanca Junín | B-J-CA-3 | 16.52% | 46.03% | 16.41% | 83.59% |
| Hualhuas | H-J-CA-2 | 15.93% | 45.16% | 17.64% | 82.36% |
| Blanca Huancayo | B-SC-CA-5 | 16.07% | 42.43% | 18.82% | 81.18% |
| Blanca Junín | B-SC-SA-6 | 16.87% | 39.25% | 20.64% | 79.36% |
| Blanca Junín | B-SC-SA-6 | 16.37% | 40.92% | 20.16% | 79.84% |
| Blanca Junín | B-SC-SA-12 | 16.34% | 40.68% | 20.23% | 79.77% |

Tabla 4. Análisis de varianza unidireccional del grano maduro de las variedades Blanca Junín, Hualhuas y Blanca Huancayo

| | Fuente | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | <i>p</i> |
|-------------------|----------|----|-------------------|------------------|------|----------|
| Humedad (%) | Variedad | 2 | 6.000 | 3.000 | 1.27 | 0.338 |
| | Error | 7 | 16.509 | 2.358 | | |
| | Total | 9 | 22.509 | | | |
| Proteína (%) | Variedad | 2 | 1.718 | 0.8590 | 1.05 | 0.398 |
| | Error | 7 | 5.707 | 0.8153 | | |
| | Total | 9 | 7.425 | | | |
| Almidón Total (%) | Variedad | 2 | 14.19 | 7.093 | 1.16 | 0.367 |
| | Error | 7 | 42.77 | 6.110 | | |
| | Total | 9 | 56.96 | | | |

Tabla 5. Análisis de varianza unidireccional del grano malteado de las variedades Blanca Junín, Hualhuas y Blanca Huancayo

| | Fuente | GL | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | <i>p</i> |
|-------------------|----------|----|-------------------|------------------|------|----------|
| Proteína (%) | Variedad | 2 | 0.2410 | 0.1205 | 0.52 | 0.614 |
| | Error | 7 | 1.9100 | 0.2300 | | |
| | Total | 9 | 1.8510 | | | |
| Almidón Total (%) | Variedad | 2 | 7.111 | 3.555 | 0.46 | 0.646 |
| | Error | 7 | 53.534 | 7.648 | | |
| | Total | 9 | 60.645 | | | |
| Amilosa (%) | Variedad | 2 | 1.425 | 0.7125 | 0.20 | 0.823 |
| | Error | 7 | 24.908 | 3.5583 | | |
| | Total | 9 | 26.333 | | | |
| Amilopectina (%) | Variedad | 2 | 2.920 | 1.460 | 0.44 | 0.663 |
| | Error | 7 | 23.413 | 3.345 | | |
| | Total | 9 | 26.333 | | | |

