



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE  
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## ***PSEUDOCEREALES ANDINOS: VALOR NUTRITIVO Y APLICACIONES PARA ALIMENTOS LIBRES DE GLUTEN.***

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE LA  
SEGURIDAD Y CALIDAD ALIMENTARIA

**ALUMNO/A:**

William J. Huamanchumo Prado

**TUTORES ACADÉMICOS:**

M. Eugenia Martín Esparza

Ana M. Albors Sorolla

*Curso Académico: 2019/2020*

**Valencia, 24 de Agosto**

# **PSEUDOCEREALES ANDINOS: VALOR NUTRITIVO Y APLICACIONES PARA ALIMENTOS LIBRES DE GLUTEN.**

## **RESUMEN**

Los pseudocereales andinos son semillas de plantas dicotiledóneas con un elevado valor nutricional que actualmente forman parte de la dieta de muchas personas a nivel mundial, siendo idóneas y seguras para las personas que llevan una dieta libre de gluten. Aportan cantidades significativas de almidón, fibra dietética, proteínas con un equilibrado perfil de aminoácidos, lípidos ricos en ácidos grasos insaturados, minerales y vitaminas. Las betalaínas, los compuestos fenólicos y los fitoesteroles también se encuentran presentes en las semillas, los cuales aportan un efecto beneficioso en la salud. Esta revisión resume el valor nutritivo y algunos compuestos bioactivos de tres pseudocereales andinos: el amaranto, la cañihua y la quinua. De acuerdo a estudios previos que incluyen estos pseudocereales en la dieta de personas celiacas y aquellas que padecen trastornos relacionados al consumo de gluten, esta revisión indica las últimas investigaciones en el uso de estos pseudocereales para el desarrollo y elaboración de productos libres de gluten nutricionalmente adecuados, así como las posibles limitaciones que presentan para ser utilizadas y consumidas en su totalidad por parte de la población que lleva una dieta libre de gluten.

Palabras claves: amaranto, bioactivo, cañihua, libre de gluten, quinua, perfil nutricional.

## **RESUM**

Els pseudocereals andins són llavors de plantes dicotiledònies amb un elevat valor nutricional que actualment formen part de la dieta de moltes persones a nivell mundial, sent idònies i segures per a persones que porten una dieta lliure de gluten. Aporten quantitats significatives de midó, fibra dietètica, proteïnes amb un equilibrat perfil d'aminoàcids, lípids rics en àcids grassos insaturats, minerals i vitamines. Les betalaínas, els compostos fenòlics i els fitoesteroles també es troben presents en les llavors, els quals aporten un efecte beneficiós en la salut. Esta revisió resumix el valor nutritiu i alguns compostos bioactius de tres pseudocereals andins: l'amarant, la cañihua i la quinoa. D'acord amb estudis previs que inclouen estos pseudocereals en la dieta de persones celíaques i aquelles que patixen trastorns relacionats al consum de gluten, esta revisió indica les últimes investigacions en l'ús d'estos pseudocereals per al desenrotllament i elaboració de productes lliures de gluten nutricionalment adequats, així com

les possibles limitacions que presenten per a ser utilitzades i consumides en la seua totalitat per part de la població que porta una dieta lliure de gluten.

Paraules claus: amarant, bioactiu, cañihua, lliure de gluten, quinoa, perfil nutricional

## **ABSTRACT**

Andean pseudocereals are seeds of dicotyledonous plants with a high nutritional value that are currently part of the diet of many people worldwide, being suitable and safe for people who have a gluten-free diet. They provide significant amounts of starch, dietary fiber, proteins with a balanced amino acid profile, lipids rich in unsaturated fatty acids, minerals and vitamins. Betalains, phenolic compounds and phytosterols are also present in the seeds, which provide a beneficial effect on health. This review summarizes the nutritional value and some bioactive compounds of three Andean pseudo-cereals: amaranth, cañihua and quinoa. According to previous studies that includes these pseudocereals in the diet of people with celiac disease and those with disorders related to gluten consumption, this review indicates the latest research on the use of these pseudo-cereals for the development and manufacture of nutritionally adequate gluten-free products. As well as the possible limitations that they present to be used and consumed in its entirety by the population that has a gluten-free diet.

Keywords: amaranth, bioactive, cañihua, gluten-free, quinoa, nutritional profile.

## 1. INTRODUCCION

La palabra pseudocereal, combina “cereal” y el prefijo “pseudo” que significa “falso o parecido” (Fletcher, 2016). Los pseudocereales son plantas dicotiledóneas productoras de semillas que se consumen como granos y están presentes en las familias Amaranthaceae (amaranto y cañihua), Chenopodiaceae (quinua) y Polygoniaceae (trigo sarraceno) (Codex Alimentarius, 2016; Sindhu y Khatkar, 2019). Así, también los definen como: “Frutos o semillas de plantas no gramíneas o no cereales que se consumen del mismo modo que los granos de cereales. Normalmente no contienen gluten y son ricos en proteínas y nutrientes” (USDA, 2020). Por lo tanto, se diferencian de los cereales por ser éstos plantas monocotiledóneas; pero se asemejan por su composición y uso. Los pseudocereales andinos como el amaranto (*Amaranthus sp.*), la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y la quinua (*Chenopodium quinoa*) son de gran importancia debido al buen contenido nutricional y efectos sobre la salud (Perez-Rea y Antezana-Gomez, 2018; Sindhu y Khatkar, 2019).

Son granos nativos de la región andina de América del Sur, siendo su crecimiento posible debido a los diferentes pisos ecológicos de los Andes y el Altiplano, adaptándose a condiciones climáticas adversas, como bajas y altas temperaturas, lluvias, suelos con bajo contenido de humedad y sequías (Fabio y Parraga, 2017; Peñarrieta et al., 2008). Las principales zonas de cultivo de amaranto son las regiones tropicales de América y el Sudeste de Asia; la cañihua se cultiva en el altiplano de Perú y Bolivia y la quinua en las zonas altoandinas de Sudamérica (Fabio y Parraga, 2017; Peñarrieta et al., 2008). En 2018, los mayores productores de quinua a nivel mundial fueron: Perú con el 54% y Bolivia con el 45% (FAOSTAT, 2020).

El desafío de los productos libres de gluten es la mejora nutricional y la mejora en la calidad sensorial, debido a que cerca del 87% de productos libres de gluten son hechos a base de arroz, almidón o harina de maíz; debido al elevado valor nutritivo que presentan los pseudocereales, la presencia de compuestos activos y el bajo contenido de prolaminas permiten mejorar la calidad de los productos sin gluten y poder ser incorporados en la dieta de personas celiacas o intolerantes al gluten. Actualmente se han utilizado en la elaboración de productos sin gluten como: cerveza, galletas, pan y pasta; sin embargo, la producción mundial de estos granos está muy por debajo de los grandes cultivos de arroz y maíz, y la producción comercial de productos sin gluten que contienen pseudocereales es muy limitada, siendo entre 1 a 4% (Schoenlechner, 2017).

La presente revisión bibliográfica resume la calidad nutritiva, algunos compuestos bioactivos y el desarrollo de productos libres de gluten a partir de los principales pseudocereales andinos de Sudamérica (amaranto, cañihua y quinua). La información e investigaciones previas se han obtenido de buscadores bibliográficos como MDPI, ScienceDirect y While Online Library; así como datos obtenidos de CENAN (Centro Nacional de Alimentación y Nutrición-Perú), FAOSTAT y USDA.

## 2. VALOR NUTRITIVO

Los granos de pseudocereales andinos se caracterizan por su excelente valor nutricional, como se puede ver en la tabla 1. Son fuentes de carbohidratos (principalmente almidón y fibra dietética), proteínas con alto valor nutritivo y excelentes niveles de aminoácidos esenciales (lisina, metionina y triptófano); lípidos ricos en ácidos grasos insaturados; alto contenido de minerales y vitaminas, así como la presencia de compuestos bioactivos (Bermejo & León, 1994; Machado, N. & De Carvalho, 2019; Perez-Rea y Antezana-Gomez, 2018; Sindhu y Khatkar, 2019). Los componentes nutricionales de las semillas de amaranto, cañihua y quinua son descritas a continuación.

### 2.1. Carbohidratos

Los carbohidratos contribuyen en gran medida a nuestra dieta diaria. El principal carbohidrato en los granos de pseudocereales es el almidón, presente entre 55.1-70.4% del peso seco total (Reguera y Haros, 2017); siendo específico entre 63.1-70.0% para el amaranto, 65.5-68.0% para la cañihua y 48.5-77% para la quinua (CENAN, 2017; Huamaní, 2018; Joshi et al., 2018; Nowak et al., 2016; Pereira et al., 2019; Villa et al., 2014). El almidón de cañihua tiene un contenido de amilosa relativamente más alto (11-20% del almidón total) en comparación con el almidón de amaranto (0.1-11.1% del almidón total) y el almidón de quinua (11-12.4% del almidón total) (Perez-Rea y Antezana-Gomez, 2018; Reguera y Haros, 2017); por otra parte el almidón de amaranto presenta el mayor contenido de amilopectina (88,9-99,9%) (Sindhu y Khatkar, 2019).

El almidón se puede clasificar según su digestibilidad en almidón de rápida digestión, almidón de lenta digestión y almidón resistente; dicha clasificación está en función al tiempo de liberación de la glucosa y su absorción en el tracto gastrointestinal (Chung et al., 2009). Se afirma que el almidón resistente es un prebiótico, rico en amilosa, el cual brinda muchos beneficios para la salud y que no puede ser digerido y absorbido por las enzimas amilolíticas en el intestino delgado; pero sí puede ser fermentado lentamente por los microorganismos del intestino grueso produciendo ácidos grasos de cadena corta (Jyothsna & Hymavathi, 2017; Topping et al., 2003). La evidencia científica referida al consumo de almidón resistente y la relación con la disminución de la respuesta glucémica, permite que los alimentos que presenten al menos un 14% de almidón resistente en base al contenido de almidón total puedan tener una declaración de propiedad saludable que establece la Autoridad Europea en Seguridad Alimentaria (EFSA, 2011).

Los granos de la cañihua y la quinua presentan niveles ligeramente más altos de almidón resistente (0.24-0.34% y 0.20-0.33%) en relación al amaranto (0.10-0.12%) (Ligarda et al., 2011), aunque otra investigación indica que una variedad de amaranto (*A. cruentus*) puede presentar hasta 0,5% de almidón resistente en sus semillas (Capriles et al., 2008); sin embargo, estos granos no son buena fuente de almidón resistente (Kraic, 2006).

**TABLA 1.** Composición nutricional de granos de amaranto, cañihua y quinua.

Componente	Amaranto	Cañihua	Quinua	Referencia
Carbohidratos (% base seca)	63.1-70.0	65.5-68.0	48.5-77.0	CENAN (2017); Huamaní (2018); Joshi et al. (2018); Nowak et al. (2016); Pereira et al. (2019); Villa et al. (2014)
Almidón (% base seca)	55.0-64.0	51.0	64.0-67.0	Perez-Rea y Antezana-Gomez (2018)
Fibra dietética total (% base seca)	8.0-16.0	15.5-27.6	8.8-14.1	CENAN (2017); Glorio et al. (2008); Nowak et al. (2016); Sindhu y Khatkar (2019)
Insoluble (% total de fibra)	78.0	22.0-24.0	78.0	Glorio et al. (2008); Lamothe et al. (2015)
Soluble (% total de fibra)	22.0	4.1-4.4	22.0	Glorio et al. (2008); Lamothe et al. (2015)
Proteína cruda (%)	13.6-21	12.8-15.7	9.1-15.7	CENAN (2017); Joshi et al. (2018); Martinez-Lopez et al. (2020); Nowak et al. (2016); Villa et al. (2014)
Lípidos (% base seca)	4.4-10.9	3.5-7.5	4.9-6.8	CENAN (2017); Joshi et al. (2018); Pachari Vera et al. (2019); Pereira et al. (2019); Sakhare et al. (2017)
Ácidos grasos insaturados (% de lípidos)	71.6-72.4	83.5-83.6	81.4-81.5	Huamaní (2018); Tang et al. (2016)
Ácidos grasos saturados (% de lípidos)	21.9-26.4	16.4-16.5	27.0-29.0	Huamaní (2018); Pereira et al. (2019); Zhang et al. (2019)
$\omega$ -6 / $\omega$ -3	33.0-68.9	7.3-8.0	4.7-19.6	Huamaní (2018); Pachari Vera et al. (2019); Tang et al. (2016)

Minerales (mg/100g, base seca)				
Hierro	7.32-7.61	2.47-7.50	1.60-7.50	CENAN (2017); Martinez-Lopez et al. (2020); Villa et al. (2014)
Fósforo	453-557	418.9	61-457	CENAN (2017); Martinez-Lopez et al. (2020); USDA (2019)
Calcio	159-236	66.5	27-120	CENAN (2017); Martinez-Lopez et al. (2020)
Potasio	508	7.56	563	CENAN, 2017; Villa et al., 2014
Sodio	44	31.3	5	USDA (2019); Villa et al. (2014)
Magnesio	248	3.36	197	Martinez-Lopez et al. (2020); USDA (2019); Villa et al. (2014)
Zinc	2.68-2.87	2.50-3-54	2.5-3.3	CENAN (2017); Martinez-Lopez et al. (2020)
Manganeso	3.33	7.47-8.35	2.03	Huamaní (2018); Martinez-Lopez et al. (2020); USDA (2019)
Cobre	0.53	0.26	0.59	USDA (2019); Villa et al. (2014)
Vitaminas (mg/100g, base seca)				
Tiamina (B1)	0.09-0.12	0.47-0.67	0.36-1.00	CENAN (2017); Martinez-Lopez et al. (2020); USDA (2019)
Riboflavina (B2)	0.18-0.20	0.30-0.75	0.03-0.32	
Niacina (B3)	0,92-1.58	1.13-1.56	1.09-1.80	
Piridoxina (B6)	0.59	*1	0.49	USDA, 2019
Ácido Fólico (B9) (µg/100g)	80	*	184	
Vitamina C	1.3-4.2	1.1-2.2	0.5-2-2	CENAN (2017); USDA (2019)
Vitamina E (mg/kg base seca)	12.8-15.4	42.0	24.7-28.6	Alvarez-Jubete et al. (2009); Niro et al. (2019)
Carotenoides totales (mg/kg, base seca)	3.7-4.7	*	4.6-4.8	Tang et al. (2016)

<sup>1</sup> \*Datos no reportados

Los pseudocereales también son una excelente fuente de fibra dietética. El contenido total de fibra dietética presente en los granos varía de 8-16% para el amaranto, para la cañihua entre 15.5-27.6% y para la quinua entre 8.8-14.1% (CENAN, 2017; Glorio et al., 2008; Nowak et al., 2016; Sindhu & Khatkar, 2019). Del total de fibra dietética de la quinua y amaranto, el 78% es fibra insoluble, estando entre el 55-60% compuesta de homogalacturonanos y rhamnogalacturonano-I con cadenas laterales de arabinano, y el 30% conformada por xiloglucanos ramificados y celulosa. Alrededor del 22% es fibra soluble (más alto que en los cereales, con un 15%), estando conformada por polisacáridos pécticos ricos en arabinosa (34-55%) y xiloglucanos (40-60%) (Lamothe et al., 2015). La cañihua presenta un mayor contenido de fibra dietética respecto al amaranto y la quinua; encontrándose la fibra insoluble cerca al 84.3%, principalmente lignina (6.8-8.0%) y cerca al 15.7% de fibra soluble. Las variaciones en el genotipo, condiciones de crecimiento y el método de análisis son factores que pueden afectar los diferentes resultados encontrados en estudios previos (Glorio et al., 2008; Pérez et al., 2016).

Azúcares simples como los mono y disacáridos, muy importantes para los procesos de fermentación, están presentes en menor cantidad. La glucosa, la fructosa, la arabinosa y la xilosa son los principales monosacáridos que se encuentran en los pseudocereales, mientras que la sacarosa y la maltosa son los disacáridos más representativos. El contenido de carbohidratos simples es relativamente superior en la cañihua (6.50%) y la quinua (6.20%), mientras que es más bajo en el amaranto (3.20%) (Repo-Carrasco-Valencia y Arana, 2017).

## **2.2. Proteína**

Las proteínas de los pseudocereales son el segundo nutriente con mayor presencia después de los carbohidratos y a diferencia de los cereales, son de mejor calidad debido a la porción equilibrada de aminoácidos y presencia de aminoácidos esenciales recomendados para niños y adultos; los granos presentan de 13.6-21.0% para el amaranto, 12.8-15.7% para la cañihua y 9.1-15.7% para la quinua ((CENAN, 2017; FAO, 2013; Joshi et al., 2018; Martínez-Lopez et al., 2020; Nowak et al., 2016; Villa et al., 2014)lo que permite ser el complemento perfecto en la ingesta diaria de proteínas.

Las proteínas, de acuerdo con su solubilidad, se clasifican en albúminas, globulinas, prolaminas y gliadinas. La quinua está compuesta de 13.2-42.3% por albúminas y de 7.0-60.2% por globulinas; asimismo, las albúminas 2S representan el 35% y las globulinas de tipo 11S (quenopodina) el 37% del total de proteínas. Las glutelinas representan de 14.0-31.6% y las prolaminas de 3.2-19.3% (Brinegar et al., 1996; D'Amico et al., 2019; Van de Vondel et al., 2020). Las proteínas de amaranto contienen 40-51% de albúminas, 16-20% de globulinas, 24-30% de glutelinas y 1.4-3.0% de prolaminas. Asimismo, las globulinas del tipo 11S (amarantina) representan el 19% del total de proteínas (D'Amico et al., 2019; Singh et al., 2019). Las proteínas de cañihua presentan 17.4-26.7% de albúminas, 19.3-24.3 de globulinas, 9.3-11.4 de glutelinas y en menor proporción de 4.3-6-0% de prolaminas (Pérez et al., 2016). De esta manera, las albúminas y las globulinas son las principales fuentes de reserva de los pseudocereales. Las diferencias entre resultados se pueden explicar

por los diferentes solventes de extracción empleados en los análisis correspondientes.

La calidad nutricional de las proteínas depende de la biodisponibilidad, digestibilidad y perfil de aminoácidos. Los pseudocereales presentan mayor contenido de lisina, a diferencia de los cereales que son deficientes en este aminoácido (Sá et al., 2020) y cuentan con un alto contenido de aminoácidos esenciales y elevada biodisponibilidad. (López et al., 2018). Una reciente investigación justifica el alto contenido de lisina presente en semillas de quinua debido a la existencia de siete nuevas proteínas de almacenamiento (globulinas) similares a la vicilina (proteínas de reserva de las leguminosas) que contienen 7.5% o más de lisina (Burrieza et al., 2019). El contenido de aminoácidos esenciales es muy importante para evaluar la puntuación de aminoácidos corregidos de digestibilidad de proteínas (PDCAAS), que mide la capacidad de una proteína para proporcionar niveles adecuados de aminoácidos en la nutrición diaria (Mota et al., 2016). Ese método es más riguroso y presenta menos limitaciones que otros métodos utilizados para evaluar la calidad proteica, por lo que ha sido adoptado por la OMS/FAO y FDA (Zeece, 2020). Para el grano de quinua se obtuvo un PDCAAS de 1.0-1.07, siendo una fuente proteica importante de buena calidad (Alves, 2008; Mota et al., 2016). En cultivos de amaranto se obtuvieron valores entre 0.24 y 0.36, lo que sugiere que este pseudocereal podría ser adecuado como fuente de proteína complementaria (Aguilar et al., 2015). Finalmente, en los granos de cañihua se ha encontrado un PDCAAS de 0.89; sin embargo este resultado es una estimación, tomando como referencia el aminoácido lisina de la quinua, debido a que se desconoce la digestibilidad proteica real de este grano (Walters, 2013; citado en Ochoa, 2017).

### **2.3. Lípidos**

La cantidad de lípidos presente en los granos de amaranto (4.4-10.9%), cañihua (3.5-7.5%) y quinua (4.9-6.8%) es superior en comparación con los cereales como el arroz, cebada, centeno (0.7%, 1.04%, 1.63%) respectivamente (CENAN, 2017; Joshi et al., 2018; Pachari Vera et al., 2019; Pereira et al., 2019; Sakhare et al., 2017; USDA, 2019)

Un aceite de calidad se determina por el tipo de ácidos grasos que presente, en especial ácidos grasos polinsaturados (AGPI). Los ácidos grasos insaturados predominan en estas semillas, así el amaranto (71.6-72.4% del total de lípidos), cañihua (83.5-83.6% del total de lípidos) y quinua (81.4-84.5% del total de lípidos) son considerados fuentes de aceites de buena calidad (Huamaní, 2018; Tang et al., 2016). Además, en el aceite de amaranto, predomina el escualeno, un compuesto terpénico relacionado con la disminución de colesterol y triglicéridos, que se encuentra de 3.6 a 6.1% en comparación con el aceite de oliva, germen de trigo y salvado de arroz (0.1-0.7%) (Cicero et al., 2018; He et al., 2002; Martínez-Lopez et al., 2020). El ácido linoleico (C18:2,  $\omega$ -6) es el ácido graso poliinsaturado más abundante, presente con un 50% del total en semillas de cañihua y quinua, y entre 37-45% en las semillas de amaranto. En las semillas de amaranto, cañihua y

quinua, el ácido oleico (C18:1  $\omega$ -9) está presente aproximadamente con el 30% y el mayor contenido de ácido  $\alpha$ -linolénico (C18: 3,  $\omega$ -3) se encuentra en la quinua, con cantidades de hasta 9.6% (Huamaní, 2018; Tang et al., 2016). El aceite de estas semillas también contiene una pequeña proporción de ácidos grasos saturados, entre 21.9-26.4%, 16.4-16.5% y 27-29% de los lípidos totales en amaranto, cañihua y quinua, respectivamente (Huamaní, 2018; Pereira et al., 2019; Zhang et al., 2019). El ácido graso saturado más abundante en estos pseudocereales es el ácido palmítico, llegando a presentar en el amaranto hasta un 17% (Zhang et al., 2019).

La calidad de los ácidos grasos presentes en estas semillas se mide de acuerdo con la relación  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 y es más importante que el contenido total de lípidos, ya que presenta estrecha relación con las enfermedades crónicas. Existen estudios clínicos que indican que una proporción desequilibrada de  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 a favor de los  $\omega$ -6 aumenta el desarrollo de sobrepeso y obesidad (Simopoulos, 2016). Teniendo en cuenta el impacto negativo sobre la salud, al tener una alta relación  $\omega$ -6/ $\omega$ -3, el aceite de cañihua (relación  $\omega$ -6/ $\omega$ -3: 7.3-8.0) seguido del aceite de quinua (relación  $\omega$ -6/ $\omega$ -3: 4.7-19.6) tienen una mejor calidad nutricional que el aceite de amaranto ( $\omega$  -6/ $\omega$ -3 ratio: 33.0–68.9) (Huamaní, 2018; Pachari Vera et al., 2019; Tang et al., 2016).

#### **2.4. Minerales y vitaminas**

El amaranto, cañihua y quinua son considerados buenas fuentes de minerales y vitaminas, superando al contenido presente en los cereales, hasta dos veces más (Das, 2016; Pilco-Quesada et al., 2020). Los principales minerales en mayor cantidad son calcio, fósforo, magnesio y potasio (CENAN, 2017; Huamaní, 2018; Martínez-Lopez et al., 2020; USDA, 2019; Villa et al., 2014).

La anemia y osteoporosis son enfermedades relacionadas con las personas que padecen la enfermedad celíaca (Elli et al., 2019), así el elevado contenido de calcio y hierro en el amaranto, cañihua y quinua los hace recomendables para este tipo de pacientes, al aportar cantidades significativas según la ingesta diaria de referencia establecida en el Reglamento (UE) N° 1169/2011.

También presentan un elevado contenido de vitaminas del grupo B y vitamina E. De acuerdo con la ingesta diaria de referencia establecida en el Reglamento (UE) N° 1169/2011, aportan cantidades significativas de vitamina B1 (cañihua y quinua), vitamina B2 (amaranto, cañihua y quinua), vitamina B6 (amaranto y quinua, con un aporte cercano al 50% del IDR), ácido fólico (quinua, con un aporte cercano al 90% del IDR) y más del 100% en vitamina E (amaranto, cañihua y quinua); sin embargo aporta muy bajo contenido de vitamina B3 y vitamina C.

La vitamina E es el conjunto de tocotrienoles y tocoferoles (isómeros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$ ), que exhiben actividad antioxidante y beneficiosos para la salud (Tang et al., 2016) y los resultados de vitamina E se expresan como equivalente de  $\alpha$ -tocoferol. Se determinó que el contenido de vitamina E para el amaranto varía de 12.8-15.4 mg/kg base seca, la cañihua presenta 42 mg/Kg base seca y en la quinua presenta de 24.7-28.6 mg/Kg base seca (Alvarez-Jubete et al.,

2009; Niro et al., 2019). Así también de acuerdo a los isómeros, en el amaranto el  $\delta$ -tocoferol fue el compuesto mayoritario (7.66 g/100g.) (Zhang et al., 2019). En la quinua, el  $\gamma$ -tocoferol (3.1-5.9 mg/100g.) y el  $\alpha$ -tocoferol (0.8-2.9 mg/100g.) son los más abundantes (Niro et al., 2019; Tang et al., 2016). En la cañihua, el  $\gamma$ -tocoferol (12.5 mg/100g.) y el  $\alpha$ -tocoferol (4.2 mg/100g.) están en mayor proporción (Niro et al., 2019). Por lo tanto el mayor contenido de vitamina E está presente en la cañihua; pero la quinua al presentar alto contenido de  $\gamma$ -tocoferol, por ser un antioxidante fuerte, reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Tang et al., 2016).

Los carotenoides son compuestos bioquímicos naturales que actúan como provitamina A y antioxidante en la prevención de enfermedades oculares, cardiovasculares y cáncer (Lu et al., 2020; Tanumihardjo, 2012). Se ha visto que la quinua es una mejor fuente de carotenoides (4.6-4.8 mg/kg) en comparación con el amaranto (3.7-4.7 mg/kg) (Tang et al., 2016). Los principales carotenoides son la luteína, zeaxantina, y  $\beta$ -caroteno; sin embargo la luteína se encuentra en mayores proporciones en ambos granos (Niro et al., 2019; Tang et al., 2016). En granos de cañihua también se han encontrado compuestos lipofílicos, en mayor contenido carotenos y luteínas (Encina-Zelada, 2005, citado en INDECOPI, 2018).

### 3. COMPUESTOS BIOACTIVOS

Los compuestos bioactivos son metabolitos secundarios que presentan beneficios en la salud. En esta revisión hablaremos de los compuestos bioactivos más importantes en los granos de pseudocereales andinos objeto de estudio: betalaínas, compuestos fenólicos y fitoesteroles (tabla 2).

**TABLA 2.** Contenido de bioactivos en granos de amaranto, cañihua y quinua.

Componente	Amaranto	Cañihua	Quinua	Referencia
Compuestos fenólicos totales (mg GAE <sup>2</sup> /100g base seca)	12.4-21.2	2.18-2.21	204.0	Alvarez-Jubete et al. (2010); Han et al. (2019); Repo-Carrasco et al. (2009); Škrovánková et al. (2020)
Betalaínas (mg/100g base seca)	0.07-0.96	2.3-42.0	0.2-6.1	Abderrahim et al. (2015); Huamaní (2018); Li et al. (2015)
Fitoesteroles totales (mg/100g base seca)	104.5	*3	38.8-41.2	Islam et al. (2017)

<sup>2</sup> Equivalente de ácido gálico

<sup>3</sup> \*Datos no reportados

### 3.1. Compuestos fenólicos

Son metabolitos secundarios muy abundantes en el reino vegetal, en su mayoría ácidos fenólicos, estilbenos, flavonoides, y taninos que se encuentran de forma libre o conjugada (Oladeji y Adelowo, 2017). Diversas investigaciones han informado acerca de la actividad antioxidante que ejercen sobre las células, el beneficio sobre la salud como reducir el colesterol y prevenir la diabetes tipo II, así como su efecto prebiótico sobre la composición de la microbiota intestinal (Fraga et al., 2019; Moorthy et al., 2020; Oladeji & Adelowo, 2017; Rocchetti et al., 2019). La selección de distintos pseudocereales, en función del perfil fenólico, es muy útil para mejorar el perfil nutricional en la elaboración de alimentos libres de gluten (Rocchetti et al., 2019). En las harinas de los pseudocereales se evidencia la presencia de diversos compuestos fenólicos como flavonoides (antocianinas, flavonas, flavanoles, flavonoles, flavanonas e isoflavonoides) y ácidos fenólicos o ácidos fenolcarboxílicos (hidroxibenzoicos, hidroxicinámicos e hidroxifenilacéticos) (Rocchetti et al., 2019). Los compuestos fenólicos se encuentran en los pseudocereales en tres formas: solubles libres y solubles conjugados con azúcares u otros componentes de baja masa molecular, y formas unidas insolubles. Existen diferentes procesos como la germinación, horneado y molienda que pueden aumentar o disminuir el contenido de compuestos fenólicos en los pseudocereales. La germinación y horneado de granos de quinua eleva el contenido de ácido cumárico, glicósidos de quercetina y kampferol (Alvarez-Jubete et al., 2010; Pilco-Quesada et al., 2020). Sin embargo la molienda en granos de quinua disminuye el contenido fenólico total y de flavonoides entre un 30- 40%, sugiriendo emplear quinua ligeramente molida, debiendo controlar el tiempo del proceso para no afectar a dichos componentes (Han et al., 2019).

En variedades de granos de quinua blanca, roja y negra se encontraron ácidos fenólicos (en su mayoría ácido vanílico, ácido ferúlico y sus derivados), así como los flavonoides quercetina, kampferol y sus glucósidos; sin embargo en la variedad de quinua negra se encontró una mayor proporción de compuestos fenólicos (Tang et al., 2015). Han et al., (2019a) determinó que los granos de quinua presentan 200.4 mg eq. ácido gálico/100g base seca; asimismo, la harina de quinua más oscura presentó un mayor contenido de compuestos fenólicos y flavonoides que las otras variedades, siendo el ácido gálico y ferúlico los principales compuestos (Han et al., 2019b). Rocchetti et al. (2019) también señala que obtuvo un contenido fenólico total de 130 mg ácido gálico/100g. en base seca para harinas de quinua roja y negra.

En las semillas de amaranto, el contenido fenólico total varía de 12.4 a 21.2 mg equivalente de ácido gálico/100g. en base seca (Alvarez-Jubete et al., 2010; Škrovánková et al., 2020). Asimismo, la germinación aumenta el contenido fenólico total hasta 82.2 mg ácido gálico/100g. en base seca (Alvarez-Jubete et al., 2010). Se ha encontrado que el contenido fenólico total en harinas de amaranto varía de 11.7 a 57.0 mg. ácido gálico/100g. en base seca (Rocchetti et al., 2019; Škrovánková et al., 2020), mientras que en harinas de granos germinados varía de 36.7a 58.6 (Cornejo et al., 2019).

En granos de cañihua, el contenido fenólico total está presente entre 218 y 221 mg equivalente de ácido gálico/100 g. (Repo-Carrasco et al., 2009).

Respecto al contenido de ácidos fenólicos en los granos, los valores oscilan entre 18.3 y 40.1 mg/100g. y los flavonoides varían entre 46.1 y 144.3 mg/100g., siendo mayor la cantidad de quercetina e isorhamnetin (Repo-Carrasco et al., 2010).

Por lo tanto, estos pseudocereales son fuente de compuestos fenólicos (cantidad que aumenta después de ser germinados los granos), pudiendo utilizarse dichas materias primas como ingredientes funcionales en el desarrollo de nuevos productos y brindar excelentes propiedades antioxidantes en beneficio de la salud, como la reducción del colesterol y la prevención de la diabetes.

### **3.2. Betalaínas**

Son pigmentos nitrogenados compuestos de ácido betalámico propio de plantas que pertenecen al orden Caryophyllales, en el que se incluyen los cultivos de la familia Amaranthaceae. (Slimen et al., 2017). Se presentan en dos formas, betacianina (pigmento rojo-violeta) y betaxantina (pigmento amarillo-naranja) (Chhikara et al., 2019).

Las betalaínas de la familia Amaranthaceae presentan efectos beneficiosos para la salud, fuerte actividad antioxidante y alto potencial como colorantes naturales en reemplazo de colorantes artificiales (Y. Cai et al., 2003; Y. Z. Cai et al., 2005; Rahimi et al., 2019). En un estudio de variedades de amaranto, las semillas presentaron de 0.07 a 0.96 mg betalaínas/100g base seca; mientras que el mayor contenido de betalaínas se encontraba en las hojas (16.90-20.93 mg betalaínas/100g base seca), siendo la amarantina e iso-amarantina las betacianinas en mayor cantidad (Li et al., 2015). La quinua también es fuente de betalaínas, en la variedad roja el contenido total de betalaínas varía entre 0.2-6.1 mg/100g (Abderrahim et al., 2015). Asimismo, cerca de 29 especies fueron analizadas e identificaron betaxantinas y nuevas betacianinas, (Escribano et al., 2017). Para el grano de cañihua, se han evaluado diferentes ecotipos, y se determinó que el contenido de betalaínas varía entre 2.3-42.0 mg/100g, siendo el contenido mayor de betacianinas en la variedad roja y mayor contenido de betaxantinas en la variedad púrpura (Huamaní, 2018).

De esta forma, se puede indicar que los diferentes pseudocereales andinos, al presentar diversas coloraciones, pueden ser considerados como fuentes de betalaínas para formar parte de la dieta, ejercer un poder antioxidante sobre la salud y también ser emplearlas en la industria alimentaria como colorantes.

### **3.3. Fitoesteroles**

Son compuestos triterpénicos que se encuentran en alimentos de origen vegetal y están en diferentes formas según su estructura. Feng et al. (2020) indicaron que el consumo de fitoesteroles regula los niveles de colesterol y ácidos grasos, y ayuda a mantener controladas otras enfermedades como la obesidad.

Los fitoesteroles libres también denominados  $\Delta^5$  y  $\Delta^7$ -esteroles están presentes en las semillas de amaranto, cañihua y quinua. Islam et al. (2017) señalaron que el contenido total de fitoesteroles para el amaranto y quinua es de 104.5 y 38.8-41.2 mg/100g base seca, respectivamente.

Gallego et al. (2014) indican que las semillas de quinua presentan principalmente  $\Delta^7$ -estigmasterol (46.6%) y  $\Delta^{7,22}$ -acetato de campesterol (29.4%),  $\beta$ -acetato de sitoesterol (10.7%), mientras que las semillas de cañihua contienen  $\Delta^7$ -estigmasterol (43.9%),  $\Delta^{5,22(28)}$ -acetato de avenaesterol (21.7%) y  $\beta$ -acetato de sitoesterol (15.0%). Münger et al. (2015) señalan que las semillas de amaranto son ricas en espinasterol (73.7%).

Así podemos decir que el amaranto presenta mayor contenido de fitoesteroles en relación con la quinua y puede contribuir a la reducción del colesterol LDL.

#### **4. TRASTORNOS, DEFICIENCIAS Y TRATAMIENTO RELACIONADOS CON EL CONSUMO DE GLUTEN**

Parte de la población experimenta ciertas reacciones adversas con el consumo de ciertos alimentos, estas personas pueden presentar alergia (involucra al sistema inmunitario), intolerancia (no involucra al sistema inmunitario) o tener una enfermedad autoinmune (enfermedad celiaca en el caso del gluten) (Codex Alimentarius, 2019). Elli et al. (2017) determinaron tres posibles trastornos relacionadas con la ingesta de gluten: alergia al trigo, enfermedad celiaca y sensibilidad al gluten no celiaca.

La alergia al trigo es una reacción de hipersensibilidad hacia este cereal en la que interviene la inmunoglobulina E (IgE). Se produce en corto tiempo después de haber estado en contacto con el trigo por vía digestiva, respiratoria o cutánea (Jiménez et al., 2016). La enfermedad celiaca es una enteropatía inmunológica que presenta síntomas gastrointestinales y manifestaciones extraintestinales (anemia y osteoporosis) causando daño al revestimiento del intestino delgado y dificultad de absorber correctamente los nutrientes (Elli et al., 2019; Leonard et al., 2017). La prevalencia de pacientes celíacos en el mundo es de 1:100 - 1:150, siendo el gluten el desencadenante, debido a la reacción que presentan estos pacientes con el consumo de gluten. Actualmente, el tratamiento es una dieta sin gluten (Codex Alimentarius, 2019; Elli et al., 2019; Pietzak, 2014). La sensibilidad al gluten no celíaca es diferente de la alergia al trigo y de la enfermedad celíaca; sin embargo tienen síntomas intestinales y/o síntomas extraintestinales muy parecidos a dicha enfermedad, relacionados en su mayoría con la ingestión de granos que contienen gluten; aunque no está confirmado del todo que sea el causante de esta sintomatología, se presenta mejoría en las personas con una dieta libre de gluten y empeora cuando se consume productos con gluten (Asociación de Celíacos y Sensibles al Gluten, 2020; Leonard et al., 2017).

La deficiencia en la dieta de las personas que no toleran el gluten, se da en el contenido de fibra alimentaria debido al bajo consumo de granos ricos

en fibra y el consumo de productos libres de gluten, elaborados a partir de almidón de maíz y harinas refinadas; el contenido de micronutrientes es pobre, al igual que el contenido de minerales como el calcio, hierro, magnesio y zinc; y la ingesta de macronutrientes es irregular, al igual que un alto contenido de ácidos grasos saturados (Vici et al., 2016).

La dieta sin gluten es el mejor tratamiento disponible para las personas que no toleran el gluten. En la población americana, 1 de cada 14 personas son alérgicos al trigo, intolerantes al gluten o celíacos, y optan por elegir una dieta libre de gluten y consumir alimentos que presenten buen perfil nutritivo, siendo los pseudocereales como el amaranto y la quinua, los alimentos básicos que forman parte de su dieta (Woomer & Adedeji, 2020). En la Unión Europea, el Reglamento N° 828/2014 acerca de la ausencia o presencia reducida de gluten en los productos alimenticios, indica que aquellos alimentos que no excedan un nivel de 20 mg/kg de gluten pueden ser declarado “sin gluten” y aquellos que sean menor a 100 mg/kg de gluten puede ser declarado “muy bajo en gluten” (Comisión Europea, 2014)

## **5. APLICACIÓN DE PSEUDOCEREALES EN ALIMENTOS LIBRES DE GLUTEN**

Las semillas de amaranto, cañihua y quinua son pseudocereales que se diferencian de los cereales por su elevado contenido de proteínas, especialmente en el aminoácido lisina, buen perfil lipídico con elevado contenido de ácidos grasos polinsaturados y fibra dietética; asimismo son ricas en almidón (51-70% peso seco), componente ideal para elaborar productos libres de gluten como bebidas fermentadas, productos de panadería y pasta (Perez-Rea y Antezana-Gomez, 2018).

A continuación, se describen algunas investigaciones recientes acerca del diferente uso de estos pseudocereales para la elaboración de productos libres de gluten, principalmente cerveza, galletas, pan y pasta.

### **5.1. Panes**

La adición de harinas de pseudocereales de amaranto, cañihua y quinua han demostrado presentar una nueva oportunidad en la elaboración de panes sin gluten. Estos productos existentes en el mercado, al ser elaborados con recetas heterogéneas a base de cereales libres de gluten y otros componentes, en especial hidrocoloides, presentan en general malas propiedades de textura, disminución en el volumen, bajo contenido nutricional y mala calidad sensorial, a diferencia de los productos que tienen gluten (Naqash et al., 2017).

Algunos estudios han logrado mejorar notablemente dichas características, así como la calidad nutricional. Calderón de la Barca et al. (2010) emplearon entre 30-40% de harina de amaranto crudo y 60-70% de harina de amaranto expandido para elaborar panes libres de gluten,

obteniendo un producto con miga uniforme y un volumen específico más alto (3.45-3.48 cc/g) que otros estudios reportados para panes sin gluten (2.82-3.33 cc/g). También se pudo sustituir harina de arroz y harina de maíz con 10% de salvado de quinua en la elaboración de panes libres de gluten, lo cual aumentó en un 7% el volumen del producto, la proteína incrementó en un 17% más y se obtuvo un buen perfil sensorial (Föste et al., 2014). Machado Alencar et al. (2015) determinaron que al emplear harinas de amaranto y quinua en un 20% con harina de arroz y almidones de patata, tapioca y mandioca, el perfil nutricional de panes sin gluten mejoró, siendo el contenido de proteínas, lípidos y cenizas elevado. Miranda-Villa et al. (2018) elaboraron panes libres de gluten utilizando harina integral de quinua (41%) como insumo principal, así como otros ingredientes libres de gluten, obteniendo un producto con alto aporte nutricional y buenas propiedades de textura apto para celíacos. Miranda-Villa et al. (2019) estudiaron los efectos de incorporar 30% de harina de quinua entera o malteada sobre una base de harina de arroz, logrando mejorar la calidad nutricional (incrementó de 12-18% en proteínas, 8-18% en minerales) y mejoró la calidad organoléptica en comparación con los panecillos hechos con 100% harina de arroz. Asimismo, Zegarra et al. (2019) elaboraron un pan libre de gluten utilizando harina de cañihua al 8.3% junto a otros ingredientes, presentando alta aceptabilidad por pacientes celíacos y obteniendo un contenido proteico de 11.2% en el producto terminado.

## **5.2 Productos horneados**

Los productos horneados incluyen una amplia variedad, en esta revisión trataremos acerca de un producto muy consumido: las galletas. Estos alimentos son productos de fácil formulación y elaboración que pueden ser libres de gluten. Las nuevas tendencias en los productos de galletería incluyen a los pseudocereales como ingredientes óptimos, pudiendo emplearse amaranto, cañihua y quinua, en forma de copos o harinas para la elaboración de estos productos.

Calderón de la Barca et al. (2010) concluyeron que la mejor receta para elaborar galletas libres de gluten a base de estos pseudocereales fue aquellas con un 20% de harina de amaranto reventado y 13% de grano entero reventado. Estas galletas presentaron un alto valor nutritivo y solo presentaban 12 mg de gluten/kg producto (siendo el máximo tolerable 20 mg de gluten/kg producto). Brito et al. (2015) desarrollaron una mezcla adecuada de harina de quinua (30%), hojuelas de quinua (25%) y almidón de maíz (45%) para elaborar una galleta rica en fibra dietética, obteniendo alto contenido de aminoácidos esenciales, ácido linolénico y minerales, además de presentar buena calidad organoléptica. Los resultados de otro estudio demostraron que se puede elaborar galletas libres de gluten empleando harina de amaranto crudo y germinado, obteniendo galletas aceptables organolépticamente y con buena calidad nutricional (Chauhan et al., 2015). También se optimizaron los parámetros de proceso y las cantidades correctas de azúcar y grasa en la formulación de galletas hechas con 100% de harina de quinua para obtener galletas sin gluten con elevada aceptabilidad y de buena calidad (Jan et al., 2018). Por otro lado, Cannas et al. (2020) concluyeron que al sustituir 50% de

harina de arroz con harina de quinua, mejora el perfil nutricional y se obtiene una buena aceptabilidad por parte del consumidor.

### 5.3. Pasta

Se ha realizado diversos estudios para evaluar el efecto que puede tener el uso de pseudocereales en la elaboración de pasta. Según Cárdenas-Hernández et al. (2016), emplearon harina y hojas secas de amaranto, logrando reducir el tiempo de cocción, mientras que el producto final presenta alto contenido de proteínas, fibra cruda y minerales como magnesio, hierro, potasio y zinc. Otra investigación realizada por Makdoud y Rosentrater (2017), indicaron que al mezclar harina de amaranto (10%), harina de arroz (50%) y harina de quinua (40%) se puede obtener una pasta libre de gluten con buena aceptabilidad y parámetros de calidad muy cercana a una marca de referencia, siendo la textura uno de los atributos por mejorar. Lorenzo et al. (2018) concluyeron que utilizar harina de quinua en la elaboración de pastas libre de gluten, mejora la calidad proteica de la masa, reduce ligeramente el tiempo de secado, se obtiene una pasta cocida aceptable y mejora el color; sin embargo, después de la cocción presenta una dureza significativa superior que la pasta con gluten. Últimos estudios han desarrollado una pasta libre de gluten a base de harina de quinua y harina de lupino (*Lupinus albus*) (70:30), proteína de arroz (12%) y enzima prolina oxidasa (1%), logrando una óptima calidad nutricional con alto contenido de fibra dietética y proteínas (Linares-García et al., 2019).

### 5.5. Bebidas fermentadas

La cerveza, uno de los productos con mayor consumo a nivel mundial, elaborada de la manera convencional, no es apta para personas sensibles al gluten. El uso de algunos pseudocereales permite producir cervezas libres de gluten y de alta calidad (Hager et al., 2014), aunque algunos autores sugieren que utilizar pseudocereales en la elaboración de cerveza supone diferencias importantes respecto a la calidad y atributos sensoriales de la cerveza convencional (Kerpes et al., 2017)

Deželak et al. (2014) elaboraron una bebida fermentada tipo cerveza con semillas de quinua, siendo el pH y la viscosidad muy similar a una cerveza convencional de cebada. Presentó bajo contenido de alcohol, aceptación general aceptable, así como buen contenido de minerales y aminoácidos. Un estudio de Pérez (2017) logró estandarizar el proceso de malteado con semillas de amaranto y determinó que emplear enzimas amilasas y glucoamilasas era un método para obtener mayor concentración de carbohidratos fermentables en el mosto necesarias para obtener cervezas con graduaciones mayores a 4% v/v. Ludena Urquiza et al. (2017) elaboraron una bebida fermentada utilizando dos variedades de quinua (Pasankalla y Rosada de Huancayo), obteniendo un producto fuente de fibra, minerales, proteína y vitaminas, así como una microbiota viable; sin embargo la variedad Pasankalla presentó mayor contenido proteico, menor contenido de saponinas y menor pérdida de viscosidad en el producto final, concluyendo que las

variedades son un factor importante a considerar durante el procesamiento y las propiedades del producto final.

El desarrollo de nuevos alimentos libres de gluten se está convirtiendo en una de las principales actividades en la industria alimentaria durante los últimos años, así se prevé una expansión del 9.2% de este mercado entre 2019 y 2025 (<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gluten-free-products-market>, 2019)

## 6. LIMITACIONES

El cultivo de los granos de pseudocereales se ve disminuida por factores de tipo: agronómicos (crecimiento, producción y rendimiento), sociales (falta de conciencia), tecnológicos (procesamiento de la semilla), así como económicos (comercialización) (Pirzadah y Malik, 2020). Con respecto a los productos sin gluten, existen otros factores que limitan adquirirlos fácilmente en el mercado como son: el elevado costo, propiedades organolépticas deficientes, disponibilidad y variedad limitada (Mir et al., 2018).

Los estudios previos nos indicaron que los pseudocereales, bajo la forma de harina, pueden utilizarse en diversos productos. En el pan y productos de panadería, los pseudocereales presentan la falta de gluten como una limitación para las propiedades funcionales, afectando las propiedades de formación de masa u horneado; su adición en grandes cantidades involucra cambios como menor tolerancia a la fermentación, menor volumen, miga tensa y variaciones en el sabor. Por lo tanto no se puede utilizar sólo harina de pseudocereales, sin utilizar más ingredientes o adoptar nuevas condiciones de elaboración, permitiendo agregar hasta una cierta cantidad para mejorar las propiedades nutricionales del producto final (Békés et al., 2017). En la elaboración de galletas, se utiliza almidón de maíz y harina de arroz cerca del 78-80.5%, en comparación con otras harinas de pseudocereales (amaranto y quinua) que emplean menos del 5%. La desventaja de usar pseudocereales es debido a que son más costosas (factor económico) y no ofrecen sabor mixto (sensorial), siendo una limitación su uso de estas harinas de pseudocereales (Di Cairano et al., 2018). Schoenlechner et al. (2005) indicaron que al emplear 100 % harina de pseudocereales, produce efectos negativos en la elaboración de pasta como mayor pérdida por cocción, textura inadecuada; por lo tanto, sugiere la mezcla de estas harinas en proporciones adecuadas o añadir albúmina, emulsionante y enzimas cuando se empleen al 100%, para mejorar la calidad de la pasta. También plantea optimizar parámetros para mejorar la calidad de la pasta como color, elasticidad y propiedades sensoriales. Meo et al. (2011) señalaron que pseudocereales como el amaranto y la quinua pueden usarse en la elaboración de cerveza libre de gluten; sin embargo, presentan como limitación la fermentabilidad, por lo tanto, es necesario optimizar los parámetros de proceso para conseguir malta de calidad que permita conseguir una cerveza de calidad.

## 7. CONCLUSIÓN

Después de muchos estudios realizados en los pseudocereales andinos como el amaranto, cañihua y quinua, se ha logrado determinar su excelente perfil nutricional que incluyen proteínas de alta calidad, elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados, cantidades significativas de fibra dietética y minerales, en especial calcio y hierro. Se hallaron compuestos bioactivos como betalainas, compuestos fenólicos y fitoesteroles que actúan como antioxidantes y prebióticos, así como ayudar a disminuir el colesterol y prevenir el riesgo de padecer diabetes tipo II.

Además de su valor nutritivo, la ausencia de gluten en estos pseudocereales asegura su consumo en personas que padecen la enfermedad celiaca, como aquellas que sufren de trastornos relacionados al gluten, pudiendo desarrollar y elaborar productos libres de gluten a base de harinas de pseudocereales como cerveza, galletas, pan y pasta, así lo ha confirmado la revisión bibliográfica de estudios anteriores. Sin embargo, la ausencia de gluten también es un limitante desde el punto de vista tecnológico y sensorial en la elaboración de productos, siendo necesaria más investigación para poder mejorar las formulaciones libres de gluten. Asimismo, la disponibilidad de estos pseudocereales para la elaboración de productos libres de gluten aun es limitada, debido a factores como bajas extensiones de cultivo, elevado costo, falta de conciencia en su uso.

Por lo tanto, para que estas materias primas se puedan utilizar ampliamente, se necesita un enfoque multidisciplinario que involucre a toda la cadena alimentaria, mejorar las formulaciones e innovar en los procesos tecnológicos que ayuden a su inclusión en la elaboración de alimentos libres de gluten y obtener productos nutritivos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Abderrahim, F., Huanatico, E., Segura, R., Arribas, S., Gonzalez, M. C., & Condezo-Hoyos, L. (2015). Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) from Peruvian Altiplano. *Food Chemistry*, 183, 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.029>

Aguilar, E. G., Albarracín, G. de J., Uñates, M. A., Piola, H. D., Camiña, J. M., & Escudero, N. L. (2015). Evaluation of the Nutritional Quality of the Grain Protein of New Amaranth Varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(1), 21-26. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0456-3>

Alencar, N. M. M., & de Carvalho Oliveira, L. (2019). *Advances in Pseudocereals: Crop Cultivation, Food Application, and Consumer Perception* (pp. 1695-1713). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6\\_63](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_63)

Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(sup4), 240-257. <https://doi.org/10.1080/09637480902950597>

Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., & 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(2), 770-778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>

Alves, F. (2008). Evaluación de la calidad proteica de Quinoa Real (*Chenopodium quinoa* Willd) utilizando métodos biológicos. *e-Scientia*, 1(1). <https://revistas.unibh.br/dcbas/article/view/121/70>

Asociación de Celiacos y Sensibles al Gluten. (2020). *Sensibilidad al gluten no celíaca*. <https://www.celiacosmadrid.org/patologias-por-sensibilidad-al-gluten/sensibilidad-al-gluten-no-celiaca/>

Békés, F., Schoenlechner, R., & Tömösközi, S. (2017). Ancient Wheats and Pseudocereals for Possible use in Cereal-Grain Dietary Intolerances. En *Cereal Grains* (pp. 353-389). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00014-0>

Bermejo, J. E. H., & León, J. (Eds.). (1994). *Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective*. Food & Agriculture Org. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IS5E7s0mcxgC&oi=fnd&pg=PP17&ots=OCDeqeuqaW&sig=1ckLanCDcAlBrPAj7NPPDIhOvos&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IS5E7s0mcxgC&oi=fnd&pg=PP17&ots=OCDeqeuqaW&sig=1ckLanCDcAlBrPAj7NPPDIhOvos&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Brinegar, C., Sine, B., & Nwokocha, L. (1996). High-Cysteine 2S Seed Storage Proteins from Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(7), 1621-1623. <https://doi.org/10.1021/jf950830+>

Brito, I. L., de Souza, E. L., Felex, S. S. S., Madruga, M. S., Yamashita, F., & Magnani, M. (2015). Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)-based cookies development using an experimental mixture design. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5866-5873. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1659-1>

Burrieza, H. P., Rizzo, A. J., Moura Vale, E., Silveira, V., & Maldonado, S. (2019). Shotgun proteomic analysis of quinoa seeds reveals novel lysine-rich seed storage globulins. *Food Chemistry*, 293, 299-306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.098>

Cai, Y., Sun, M., & Corke, H. (2003). Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the Amaranthaceae. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(8), 2288-2294. <https://doi.org/10.1021/jf030045u>

Cai, Y. Z., Sun, M., & Corke, H. (2005). Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. *Trends in Food Science & Technology*, 16(9), 370-376. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.03.020>

Calderón de la Barca, A. M., Rojas-Martínez, M. E., Islas-Rubio, A. R., & Cabrera-Chávez, F. (2010). Gluten-Free Breads and Cookies of Raw and Popped Amaranth Flours with

Attractive Technological and Nutritional Qualities. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(3), 241-246. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0187-z>

Cannas, M., Pulina, S., Conte, P., Del Caro, A., Urgeghe, P. P., Piga, A., & Fadda, C. (2020). Effect of Substitution of Rice Flour with Quinoa Flour on the Chemical-Physical, Nutritional, Volatile and Sensory Parameters of Gluten-Free Ladyfinger Biscuits. *Foods*, 9(6), 808. <https://doi.org/10.3390/foods9060808>

Capriles, V. D., Coelho, K. D., Guerra-Matias, A. C., & Arêas, J. A. G. (2008). Effects of Processing Methods on Amaranth Starch Digestibility and Predicted Glycemic Index. *Journal of Food Science*, 73(7), H160-H164. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00869.x>

Cárdenas-Hernández, A., Beta, T., Loarca-Piña, G., Castaño-Tostado, E., Nieto-Barrera, J. O., & Mendoza, S. (2016). Improved functional properties of pasta: Enrichment with amaranth seed flour and dried amaranth leaves. *Journal of Cereal Science*, 72, 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.09.014>

CENAN. (2017). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Instituto Nacional de Salud. <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Chauhan, A., Saxena, D. C., & Singh, S. (2015). Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 939-945. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>

Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2019). Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food Chemistry*, 272, 192-200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>

Chung, H.-J., Liu, Q., & Hoover, R. (2009). Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. *Carbohydrate Polymers*, 75(3), 436-447. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.08.006>

Cicero, N., Albergamo, A., Salvo, A., Bua, G. D., Bartolomeo, G., Mangano, V., Rotondo, A., Di Stefano, V., Di Bella, G., & Dugo, G. (2018). Chemical characterization of a variety of cold-pressed gourmet oils available on the Brazilian market. *Food Research International*, 109, 517-525. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.064>

Codex Alimentarius. (2016). *Anteproyecto de Revisión de la Clasificación de Alimentos y Piensos: Grupos de Productos Seleccionados Grupo 020 – Gramíneas De Cereales En Grano*. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/meetings-reports/es/>.

Codex Alimentarius. (2019). Documento de debate para el etiquetado de alérgenos: CX/FL 19/45/8. *Normas Internacionales del Codex Alimentarius*. [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-714-45%252Fdocuments%252Ffl45\\_08s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-714-45%252Fdocuments%252Ffl45_08s.pdf)

Comisión Europea. (2014). Reglamento de Ejecución (UE) N° 828/2014 de la Comisión de 30 de julio de 2014 relativo a los requisitos para la transmisión de información a los consumidores sobre la ausencia o la presencia reducida de gluten en los alimentos. *Diario Oficial de la Unión Europea. Serie L*. <https://www.boe.es/doue/2014/228/L00005-00008.pdf>

Cornejo, F., Novillo, G., Villacrés, E., & Rosell, C. M. (2019). Evaluation of the physicochemical and nutritional changes in two amaranth species (*Amaranthus quitensis* and *Amaranthus caudatus*) after germination. *Food Research International*, 121, 933-939. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.022>

D'Amico, S., Schoenlechner, R., Tömöskösi, S., & Langó, B. (2019). Proteins and Amino Acids of Kernels. En C. Haros & R. Schoenlechner (Eds.), *Pseudocereals* (pp. 94-118). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch5>

Das, S. (2016). *Amaranthus: A Promising Crop of Future*. En Springer Science (Ed.),

*Amaranthus: A Promising Crop of Future* (1.<sup>a</sup> ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1469-7>

Deželak, M., Zarnkow, M., Becker, T., & Košir, I. J. (2014). Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(4), 360-370. <https://doi.org/10.1002/jib.166>

Di Cairano, M., Galgano, F., Tolve, R., Caruso, M. C., & Condelli, N. (2018). Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 203-212. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.006>

Di Fabio, A., & Parraga, G. (2017). Origin, Production and Utilization of Pseudocereals. En C. Haros & R. Schoenlechner (Eds.), *Pseudocereals: Chemistry and Technology* (1.<sup>a</sup> ed., pp. 1-27). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch1>

EFSA. (2011). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to resistant starch and reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 681), “digestive health benefits” (ID 682) and “favours a normal colon metabolism” (ID 783) pursuant to Article 13. En *EFSA Journal* (Vol. 9, Número 4) [Opinión Científica]. Wiley-Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2024>

Elli, L., Ferretti, F., Orlando, S., Vecchi, M., Monguzzi, E., Roncoroni, L., & Schuppan, D. (2019). Management of celiac disease in daily clinical practice. *European Journal of Internal Medicine*, 61, 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2018.11.012>

Elli, L., Villalta, D., Roncoroni, L., Barisani, D., Ferrero, S., Pellegrini, N., Bardella, M. T., Valiante, F., Tomba, C., Carroccio, A., Bellini, M., Soncini, M., Cannizzaro, R., & Leandro, G. (2017). Nomenclature and diagnosis of gluten-related disorders: A position statement by the Italian Association of Hospital Gastroenterologists and Endoscopists (AIGO). *Digestive and Liver Disease*, 49(2), 138-146. <https://doi.org/10.1016/j.dld.2016.10.016>

Escribano, J., Cabanes, J., Jiménez-Atiénzar, M., Ibañez-Tremolada, M., Gómez-Pando, L. R., García-Carmona, F., & Gandía-Herrero, F. (2017). Characterization of betalains, saponins and antioxidant power in differently colored quinoa (*Chenopodium quinoa*) varieties. *Food Chemistry*, 234, 285-294. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.187>

FAO. (2013). *Año Internacional de la Quinoa 2013*. Quinoa: Un futuro sembrado hace miles de años. [http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no\\_mobile=1](http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1)

FAOSTAT. (2020). *FAOSTAT Statistics Database*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

Feng, S., Belwal, T., Li, L., Limwachiranon, J., Liu, X., & Luo, Z. (2020). Phytosterols and their derivatives: Potential health-promoting uses against lipid metabolism and associated diseases, mechanism, and safety issues. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1-25. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12560>

Fletcher, R. J. (2016). Pseudocereals: Overview. En C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman, & J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of food grains Vol 1: the world of food grains* (2.<sup>a</sup> ed., Vol. 1, pp. 274-279). Academic Press. <https://books.google.es/books?id=ce7tBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Encyclopedia+of+Food+Grains&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwja1O77pLpAhUEYxoKHQlbA3oQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Encyclopedia+of+Food+Grains&f=false>

Föste, M., Nordlohne, S. D., Elgeti, D., Linden, M. H., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T. (2014). Impact of quinoa bran on gluten-free dough and bread characteristics. *European Food Research and Technology*, 239(5), 767-775. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2269-x>

Fraga, C. G., Croft, K. D., Kennedy, D. O., & Tomás-Barberán, F. A. (2019). The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food & Function*, 10(2), 514-528. <https://doi.org/10.1039/C8FO01997E>

Gallego, D., Russo, L., Kerbab, K., Landi, M., & Rastrelli, L. (2014). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) and *Chenopodium quinoa* (quinoa) seeds. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(7), 609. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i7.18187>

Glorio, P., Repo-Carrasco, R., Velezmoro, C., Anticona, S., Huaranga, R., Martínez, P., Melgarejo, S., Astuhuaman, L., Huamán, N. ., Icochea, J. ., & Peña, J. . (2008). Fibra dietaria en variedades peruanas de frutas, tubérculos, cereales y leguminosas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 74(1), 46-56. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2008000100006](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000100006)

Hager, A.-S., Taylor, J. P., Waters, D. M., & Arendt, E. K. (2014). Gluten free beer – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 36(1), 44-54. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.01.001>

Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Dong, L., Huang, F., & Liu, L. (2019). Changes in saponins, phenolics and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) during milling process. *LWT*, 114, 108381. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108381>

He, H.-P., Cai, Y., Sun, M., & Corke, H. (2002). Extraction and Purification of Squalene from *Amaranthus* Grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 368-372. <https://doi.org/10.1021/jf010918p>

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gluten-free-products-market>. (2019). *Tamaño del mercado de productos sin gluten, Share | Informe de industria, 2027*. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/gluten-free-products-market>

Huamaní, F. (2018). «Evaluación del perfil químico-nutricional y actividad antioxidante de tres ecotipos de Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* AELLEN) procedentes de Puno» [Tesis para optar el título de Químico Farmacéutico, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. [http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/5954/Evaluacion\\_HuamaniHuaman\\_Flor.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/5954/Evaluacion_HuamaniHuaman_Flor.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

INDECOPI. (2018). *Cañihua* [Boletín de la Comisión Nacional contra la Biopiratería]. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. <https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/2291514/Boletin+N°+8+-+Cañihua.pdf>

Islam, M. A., Jeong, B. G., Jung, J., Shin, E. C., Choi, S. G., & Chun, J. (2017). Phytosterol Determination and Method Validation for Selected Nuts and Seeds. *Food Analytical Methods*, 10(10), 3225-3234. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-0877-3>

Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. *LWT*, 93, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.013>

Jiménez, A., Martínez, R., Quiles, M., Majid, J., & González, M. (2016). Enfermedad celíaca y nuevas patologías relacionadas con el gluten. *Nutrición Hospitalaria*, 33, 44-48. <https://doi.org/10.20960/nh.345>

Joshi, D. C., Sood, S., Hosahatti, R., Kant, L., Pattanayak, A., Kumar, A., Yadav, D., & Stetter, M. G. (2018). From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 131(9), 1807-1823. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3138-y>

Jyothsna, E., & Hymavathi, T. V. (2017). Resistant starch: Importance, categories, food sources and physiological effects. *Journal of Pharmacognosy and Phytochem*, 6(2), 67-69. <https://www.researchgate.net/publication/324106324>

Kerpes, R., Fischer, S., & Becker, T. (2017). The production of gluten-free beer: Degradation of hordeins during malting and brewing and the application of modern process technology focusing on endogenous malt peptidases. En *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 67, pp. 129-138). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.004>

Kraic, D. M. J. (2006). Natural sources of health-promoting starch. *Journal of Food and Nutrition Research*, 45(2), 69-76.

Lamothe, L. M., Srichuwong, S., Reuhs, B. L., & Hamaker, B. R. (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food Chemistry*, 167, 490-496. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.022>

Leonard, M. M., Sapone, A., Catassi, C., & Fasano, A. (2017). Celiac Disease and Nonceliac Gluten Sensitivity. *JAMA*, 318(7), 647. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.9730>

Li, H., Deng, Z., Liu, R., Zhu, H., Draves, J., Marcone, M., Sun, Y., & Tsao, R. (2015). Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.09.003>

Ligarda, C., Repo-Carrasco, R., Zelada, C., Herrera, I., & Quinde-Axtell, Z. (2011). Extracción con soluciones neutra y alcalina para el aislamiento de fibra soluble e insoluble a partir de Salvado de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(1), 53-64. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v78n1/a07v78n1.pdf>

Linares-García, L., Repo-Carrasco-Valencia, R., Paulet, P. G., & Schoenlechner, R. (2019). Development of gluten-free and egg-free pasta based on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) with addition of lupine flour, vegetable proteins and the oxidizing enzyme POx. *European Food Research and Technology*, 245(10), 2147-2156. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03320-1>

López, D. N., Galante, M., Robson, M., Boeris, V., & Spelzini, D. (2018). Amaranth, quinoa and chia protein isolates: Physicochemical and structural properties. En *International Journal of Biological Macromolecules* (Vol. 109, pp. 152-159). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.12.080>

Lorenzo, G., Sosa, M., & Califano, A. (2018). Alternative Proteins and Pseudocereals in the Development of Gluten-Free Pasta. En *Alternative and Replacement Foods* (Vol. 17, pp. 433-458). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811446-9.00015-0>

Lu, W., Maidannyk, V. A., & Lim, A. S. L. (2020). Carotenoids degradation and precautions during processing. En *Carotenoids: Properties, Processing and Applications* (pp. 223-258). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817067-0.00007-5>

Ludena Urquiza, F. E., García Torres, S. M., Tolonen, T., Jaakkola, M., Pena-Niebuhr, M. G., von Wright, A., Repo-Carrasco-Valencia, R., Korhonen, H., & Plumed-Ferrer, C. (2017). Development of a fermented quinoa-based beverage. *Food Science & Nutrition*, 5(3), 602-608. <https://doi.org/10.1002/fsn3.436>

Machado Alencar, N. M., Steel, C. J., Alvim, I. D., de Moraes, E. C., & Andre Bolini, H. M. (2015). Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. *LWT - Food Science and Technology*, 62(2), 1011-1018. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.029>

Makdoud, S., & Rosentrater, K. A. (2017). Development and Testing of Gluten-Free Pasta Based on Rice, Quinoa and Amaranth Flours. *Journal of Food Research*, 6(4), 91. <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n4p91>

Martinez-Lopez, A., Millan-Linares, M. C., Rodriguez-Martin, N. M., Millan, F., & Montserrat-de la Paz, S. (2020). Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Journal of Functional Foods*, 65, 103735. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>

Meo, B., Freeman, G., Marconi, O., Booer, C., Perretti, G., & Fantozzi, P. (2011). Behaviour of Malted Cereals and Pseudo-Cereals for Gluten-Free Beer Production. *Journal of the Institute of Brewing*, 117(4), 541-546. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00502.x>

Mir, N. A., Riar, C. S., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.016>

- Miranda-Villa, P., Mufari, J., Bergesse, E., Planchuelo, A., & Calandri, E. (2018). Calidad nutricional y propiedades físicas de panes libres de gluten Nutritional quality and physical properties of gluten-free breads. *Nutr. clín. diet. hosp*, 38(3), 46-55. <https://doi.org/10.12873/383miranda>
- Miranda-Villa, P., Mufari, J. R., Bergesse, A. E., & Calandri, E. L. (2019). Effects of Whole and Malted Quinoa Flour Addition on Gluten-Free Muffins Quality. *Journal of Food Science*, 84(1), 147-153. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14413>
- Moorthy, M., Chaiyakunapruk, N., Jacob, S. A., & Palanisamy, U. D. (2020). Prebiotic potential of polyphenols, its effect on gut microbiota and anthropometric/clinical markers: A systematic review of randomised controlled trials. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 634-649. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.036>
- Mota, C., Santos, M., Mauro, R., Samman, N., Matos, A. S., Torres, D., & Castanheira, I. (2016). Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*, 193, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043>
- Münger, L. H., Jutzi, S., Lampi, A.-M., & Nyström, L. (2015). Comparison of Enzymatic Hydrolysis and Acid Hydrolysis of Sterol Glycosides from Foods Rich in  $\Delta^7$ -Sterols. *Lipids*, 50(8), 735-748. <https://doi.org/10.1007/s11745-015-4002-3>
- Naqash, F., Gani, A., Gani, A., & Masoodi, F. A. (2017). Gluten-free baking: Combating the challenges - A review. En *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 66, pp. 98-107). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.004>
- Niro, S., D'Agostino, A., Fratianni, A., Cinquanta, L., & Panfili, G. (2019). Gluten-Free Alternative Grains: Nutritional Evaluation and Bioactive Compounds. *Foods*, 8(6), 208. <https://doi.org/10.3390/foods8060208>
- Nowak, V., Du, J., & Charrondièrre, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
- Ochoa, K. (2017). *Hidrólisis enzimática en una y dos etapas de la proteína de la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) para obtener péptidos bioactivos* [Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos, Universida Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3055/Q04-O3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Oladeji, O., & Adelowo, F. (2017). Plant phenolic compounds and health benefits. *Communications in Plant Sciences*, 7, 20-26. <https://complantsci.wordpress.com>
- Pachari Vera, E., Alca, J. J., Rondón Saravia, G., Callejas Campioni, N., & Jachmanián Alpuj, I. (2019). Comparison of the lipid profile and tocopherol content of four Peruvian quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars ('Amarilla de Marangani', 'Blanca de Juli', INIA 415 'Roja Pasankalla', INIA 420 'Negra Collana') during germination. *Journal of Cereal Science*, 88, 132-137. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.05.015>
- Peñarrieta, J. M., Alvarado, J. A., Åkesson, B., & Bergenståhl, B. (2008). Total antioxidant capacity and content of flavonoids and other phenolic compounds in canihua (*Chenopodium pallidicaule*): An Andean pseudocereal. *Molecular Nutrition & Food Research*, 52(6), 708-717. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700189>
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., & C.F.R. Ferreira, I. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280, 110-114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>
- Perez-Rea, D., & Antezana-Gomez, R. (2018). The Functionality of Pseudocereal Starches. En M. Sjöo & L. Nilsson (Eds.), *Starch in Food* (2.<sup>a</sup> ed., pp. 509-542). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00012-3>
- Pérez, G. T., Steffolani, M. E., & León, A. E. (2016). Cañahua: An Ancient Grain for New Foods. En K. Kristbergsson & S. Otlés (Eds.), *Functional Properties of Traditional Foods* (pp. 119-130). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7662-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7662-8_9)

Pérez Guerrero, M. F. (2017). *Malteo de la semilla de amaranto para la elaboración de cerveza artesanal* [Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa]. <https://doi.org/10.24275/uami.6969z078d>

Pietzak, M. (2014). Immunologic Reactions to Wheat. En *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health* (pp. 133-141). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-401716-0.00011-8>

Pilco-Quesada, S., Tian, Y., Yang, B., Repo-Carrasco-Valencia, R., & Suomela, 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102996>

Pirzadah, T. B., & Malik, B. (2020). Pseudocereals as super foods of 21st century: Recent technological interventions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100052. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100052>

Rahimi, P., Abedimanesh, S., Mesbah-Namin, S. A., & Ostadrahimi, A. (2019). Betalains, the nature-inspired pigments, in health and diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(18), 2949-2978. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1479830>

Reguera, M., & Haros, C. M. (2017). Structure and Composition of Kernels. En C. Haros & R. Schoenlechner (Eds.), *Pseudocereals: Chemistry and Technology* (pp. 28-48). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch2>

Repo-Carrasco-Valencia, R., & Arana, J. V. (2019). Carbohydrates of Kernels. En C. Haros & R. Schoenlechner (Eds.), *Pseudocereals* (pp. 49-70). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch3>

Repo-Carrasco, R., Acevedo de La Cruz, A., Icochea Alvarez, J. C., & Kallio, H. (2009). Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(2), 94-101. <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0109-0>

Repo-Carrasco, R., Hellström, J. K., Pihlava, J.-M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>

Rocchetti, G., Lucini, L., Rodriguez, J. M. L., Barba, F. J., & Giuberti, G. (2019). Gluten-free flours from cereals, pseudocereals and legumes: Phenolic fingerprints and in vitro antioxidant properties. *Food Chemistry*, 271, 157-164. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.176>

Rodrigo, L., & Peña, A. S. (2013). Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca. En L. Rodrigo & A. S. Peña (Eds.), *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca* (p. 30). OmniaScience. <https://books.google.es/books?id=nECaAgAAQBAJ&pg=PA30&dq=alergia+al+gluten&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjMgsyQtJ3qAhXJ5-AKHSz-DHoQ6AEwAXoECAMQAg#v=onepage&q=alergia+al+gluten&f=false>

Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 170-184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.011>

Sakhare, S. D., Inamdar, A. A., Preetham Kumar, K. V., & Dharmaraj, U. (2017). Evaluation of roller milling potential of amaranth grains. *Journal of Cereal Science*, 73, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.11.006>

Schoenlechner, R., Jurackova, K., & Berghofer, E. (2005). Pasta production from the pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat. En S. Cauvain, L. Young, & S. Salmon (Eds.), *Using Cereal Science and Technology for the Benefit of Consumers*. Woodhead Publishing Limited. <https://books.google.es/books?id=RE2kAgAAQBAJ&pg=PA74&dq=PASTA+PRODUCTION+FROM+THE+PSEUDOCEREALS+AMARANTH,+QUINOA+AND+BUCKWHEAT&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiR3KvT4aLrAhUILBoKHWrXBQkQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=PASTA+PRODUCTION+FROM+THE+PSEUDOCEREALS+AMARANTH%2C>

Simopoulos, A. (2016). An Increase in the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk for Obesity. *Nutrients*, 8(3), 128. <https://doi.org/10.3390/nu8030128>

Sindhu, R., & Khatkar, B. (2019). Pseudocereals: Nutritional Composition, Functional Properties and Food Applications. En S. Deka, D. Seth, & N. Hulle (Eds.), *Food Bioactives: Functionality and Applications in Human Health* (1.<sup>a</sup> ed., p. 410). Apple Academic Press. [https://books.google.es/books?id=ygW5DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gb\\_s\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.es/books?id=ygW5DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)

Singh, N., Singh, P., Shevkani, K., & Viridi, A. S. (2019). Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment. En V. Preedy & R. Watson (Eds.), *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (pp. 123-135). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00010-1>

Škrovánková, S., Válková, D., & Miček, J. (2020). Polyphenols and antioxidant activity in pseudocereals and their products. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 365-370. <https://doi.org/10.5219/134>

Slimen, I. B., Najar, T., & Abderrabba, M. (2017). Chemical and Antioxidant Properties of Betalains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(4), 675-689. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04208>

Tang, Y., Li, X., Chen, P. X., Zhang, B., Liu, R., Hernandez, M., Draves, J., Marcone, M. F., & Tsao, R. (2016). Assessing the Fatty Acid, Carotenoid, and Tocopherol Compositions of Amaranth and Quinoa Seeds Grown in Ontario and Their Overall Contribution to Nutritional Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(5), 1103-1110. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05414>

Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., & Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380-388. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.018>

Tanumihardjo, S. A. (2012). Carotenoids: Health Effects. En *Encyclopedia of Human Nutrition* (Vols. 1-4, pp. 292-297). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00045-3>

Topping, D. L., Fukushima, M., & Bird, A. R. (2003). Resistant starch as a prebiotic and synbiotic: state of the art. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), 171-176. <https://doi.org/10.1079/PNS2002224>

USDA. (2019). *Food Data Central*. Agricultural Research Service. <https://fdc.nal.usda.gov/index.html>

USDA. (2020). *NAL Agricultural Glossary*. National Agricultural Library. <https://agclass.nal.usda.gov/mtwdk.exe?s=1&n=1&y=0&l=91&k=glossary&t=2&w=pseudocereals>

Van de Vondel, J., Lambrecht, M. A., & Delcour, J. A. (2020). Osborne extractability and chromatographic separation of protein from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) wholemeal. *LWT*, 126, 109321. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109321>

Vici, G., Belli, L., Biondi, M., & Polzonetti, V. (2016). Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clinical Nutrition*, 35(6), 1236-1241. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.05.002>

Villa, D., Russo, L., Kerbab, K., Landi, M., & Rastrelli, L. (2014). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) and *Chenopodium quinoa* (quinoa) seeds. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(7), 609. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i7.18187>

Woomer, J. S., & Adedeji, A. A. (2020). Current applications of gluten-free grains—a review. En *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1713724>

Zeece, M. (2020). *Introduction to the Chemistry of Food*. Academic Press. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=82TNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Introduction+to+the+Chemistry+of+Food+zeece&ots=N2CS41cTLz&sig=Za1Jq5njYRF6gOpn\\_Xx\\_OtNhAMk#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=82TNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Introduction+to+the+Chemistry+of+Food+zeece&ots=N2CS41cTLz&sig=Za1Jq5njYRF6gOpn_Xx_OtNhAMk#v=onepage&q&f=false)

Zegarra, S., Muñoz, A. M., & Ramos-Escudero, F. (2019). Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial. *Revista chilena de nutrición*, 46(5), 561-570. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561>

Zhang, Z., Kang, Y., & Che, L. (2019). Composition and thermal characteristics of seed oil obtained from Chinese amaranth. *LWT*, 111, 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.007>