

پتانسیل آنتی‌اکسیدانی کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) به عنوان یک غذای

عملکردی

اطهر السادات جوانمرد^{۱*}، فاطمه خاکدان^۲

چکیده

گیاه *Chenopodium quinoa Willd.* (یک غله کاذب متعلق به خانواده Amaranthaceae) در طول دو دهه گذشته توجه روزافزونی را به خود جلب کرده است. این گیاه علاوه بر اینکه یک غذای کامل است، به عنوان یک غذای عملکردی در نظر گرفته می‌شود و مصرف آن خطر بیماری‌هایی مانند دیابت، بیماری‌های قلبی-عروقی، چاقی، بیماری‌های نورودژنراتیو و سرطان‌ها را کاهش می‌دهد. برخی اثرات مفید عصاره‌های کینوا (دانه‌ها و برگ‌ها) به فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی آن نسبت داده می‌شود که ناشی از ترکیبات فنولی، ویتامین‌ها، پلی‌ساکاریدها و حتی مواد معدنی موجود در آن است. برخی مطالعات نشان دادند که قدرت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های کینوا دارای اثرات هم‌افزایی با ویژگی‌های ضدسرطانی آن است. واریته‌های مختلف *Chenopodium quinoa* فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی متفاوتی را نشان دادند که ممکن است نتیجه ژنوتیپ‌های متمایز، عوامل محیطی و روش‌های سنجش فعالیت آنتی-اکسیدانی مختلف باشد. در این مقاله مروری ترکیبات مختلف گیاه کینوا که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرند

کلمات کلیدی: کینوا، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنولی، غذای عملکردی

^۱ استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. * نویسنده مسئول، ایمیل: a.javanmard@yu.ac.ir

^۲ استادیار، پردیس فرزندگان، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

2013). کینوا منبع بسیار خوب کربوهیدرات‌ها (حدود ۷۸۰ گرم بر کیلوگرم)، پروتئین‌ها (حدود ۱۳۰ گرم بر کیلوگرم)، لیپیدها (۶۵ گرم بر کیلوگرم) و عناصر (پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر و آهن) می‌باشد (Ando et al., 2007; Vilcacundo and Hernández-) (Ledesma, 2017). دانه‌های آن دارای سطح بالای مواد فیتوشیمیایی مانند ترکیبات فنولی، پپتیدها یا الیگوساکاریدها هستند (Repo-Carrasco-Valencia et al., 2010; Pellegrini et al., 2018). این بسیار مهم است که دانه‌های کینوا فاقد پروتئین‌های گلوتن هستند و بنابراین برای تغذیه افراد مبتلا به بیماری سلیاک یا دیگر بیماری‌های گوارشی که قادر به تجزیه گلوتن نیستند، توصیه می‌شود (Bhargava et al., 2006). همچنین شواهدی وجود دارد که الیگوساکاریدها، پپتیدها و آنتی‌اکسیدان‌های فنولی می‌توانند ایجاد سرطان را سرکوب کنند یا فعالیت آنزیم‌های مرتبط با التهاب را تعدیل کنند (Navruz-Varli and Sanlier, 2016).

ثابت شده است که کینوا به دلیل تغییرپذیری ژنتیکی بالا می‌تواند به صورت موثر و به آسانی با محدوده وسیعی از شرایط محیطی سازگار شود (۳۰). کشت یک رقم زراعی تحت تیمارهای کشاورزی مختلف می‌تواند منجر به تفاوت معنی‌دار در بازدهی و محتوای تغذیه‌ای دانه‌های کینوا گردد، به عنوان مثال کودهای نیتروژن به صورت معنی‌داری تجمع پروتئین‌ها در دانه‌های کینوا را افزایش داد (Kakabouki et al., 2014). واریته‌ها و ارقام زراعی مختلف کینوا حتی در صورتیکه تحت شرایط یکسان کشت شوند، ممکن است در محتوای پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، اگزالیک اسید، گاما-

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) یک گیاه علفی متعلق به خانواده Amaranthaceae می‌باشد. کینوا یک گیاه دو لپه‌ای است که می‌تواند تا ارتفاع یک تا سه متر رشد کند و به عنوان یک شبه-غله در نظر گرفته می‌شود زیرا دارای دانه حقیقی نیست. کینوا تحمل بالای را نسبت به شرایط محیطی نامطلوب از جمله خاک‌های شور، اسیدی یا قلیایی و همچنین سرما (تا منفی پنج درجه سانتی‌گراد) یا گرما (تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد) نشان داده است (Jancurová et al., 2009; Vega-Gálvez et al., 2010). دانه‌های کینوا دارای ارزش غذایی منحصر به فردی هستند. این گیاه از پنج تا هفت هزار سال قبل در منطقه آند از کشورهای بولیوی و پرو کشت می‌شود. سازمان ملل سال ۲۰۱۳ را به عنوان سال بین‌المللی کینوا نامگذاری کرد تا پتانسیل مهم این گیاه را به جهان معرفی کند. کینوا دارای غلظت بالایی از پروتئین‌ها، همه اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب غیراشباع، سطح پایین شاخص قند و همچنین انواع ویتامین‌ها، مواد معدنی و دیگر ترکیبات مفید و با ماهیت بدون گلوتن است (Vega-Gálvez et al., 2010; Tang et al., 2015 a, b). دانه‌های کینوا بخش خوراکی اصلی از این گیاه هستند. با این حال برگ‌های کینوا نیز غنی از ترکیبات فنولی می‌باشد که دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی هستند. محتوای ترکیبات فنولی با پتانسیل آنتی‌اکسیدانی برای سلامتی انسان مفید هستند و پیشنهاد می‌شود که خطر بیماری‌های قلبی-عروقی، نورودژنراتیو و انواع دیابت را کاهش می‌دهند (Arts and Hollman, 2005; Gawlik-Dziki et al.,)

توکوفرول و توکوفرول کل (Pereira et al., 2019) و همچنین در محتوای فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تفاوت معنی‌دار نشان دهند

اجزای کینوا با خاصیت آنتی‌اکسیدانی

مواد مختلفی در کینوا یافت شده‌اند که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند. این مواد عبارتند از:

۱- **کاروتنوئیدها:** کاروتنوئیدها، رنگیزه‌های آلی هستند که در کلروپلاست‌ها و کروموپلاست‌های گیاهان یافت می‌شوند. عملکرد این مواد آلی در گیاهان، محافظت از کلروفیل‌ها در برابر آسیب‌های نوری است. در انسان، کاروتنوئیدها دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند (Müller et al., 2015; Fardet, 2010). محتوای کاروتنوئید کل دانه‌های کینوای سفید، قرمز و سیاه به ترتیب برابر با ۱۱/۸۷، ۱۴/۹۷ و ۱۷/۶۱ میکروگرم بر گرم می‌باشد (Tang et al., 2014; Zevallos et al., 2014). محتوای برگ‌های کینوا در محدوده ۴/۳ تا ۱۹/۵ میکروگرم بر گرم گزارش شده است (Sharma et al., 2012).

۲- **فیتیک اسید:** گرچه محتوای فیتیک اسید کینوا پایین است ولی این ماده می‌تواند به عنوان یک آنتی-اکسیدان عمل کند، فیتیک اسید فلزات مختلف را کی-لیت می‌کند (به عنوان مثال واکنش‌های اکسایش-کاهش که توسط یون آهن کاتالیز می‌شود را سرکوب می‌کند)، بازدارنده آنزیم گزانتین اکسیداز است، از آسیب اکسیدانی به اپیتلیوم روده جلوگیری می‌کند، در شکل‌گیری کمپلکس‌های ADP-Fe-Oxygen اختلال ایجاد می‌کند و از این طریق مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود، از تشکیل کارسینوژن‌ها جلوگیری

می‌کند و برهم کنش کارسینوژن‌ها و سلول‌ها را بلوکه می‌کند، تقسیم سلولی را کنترل کرده و نرخ تکثیر سلولی را کاهش می‌دهد و با افزایش فعالیت سلول‌های کشنده طبیعی، منجر به افزایش پاسخ سیستم ایمنی می‌شود (Fardet, 2010).

۳- **پلی‌فنول‌ها:** پلی‌فنول‌ها مواد شیمیایی آلی طبیعی دارای چند واحد ساختاری فنولی هستند. این ترکیبات اغلب در مواد غذایی گیاهی یافت شده و فراوانترین آنتی‌اکسیدان‌های موجود در رژیم غذایی انسان هستند (Jakobek, 2015). کینوا حداقل دارای ۲۳ ترکیب فنولی است. محتوای فنول کل کینوای سفید، قرمز و سیاه به ترتیب به میزان ۴۶۶/۹۹، ۶۳۴/۶۶ و ۶۸۲/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است. اسید فنولی فرولیک اسید و فلاونوئید کوئرستین فراوانترین فنول-های موجود در کینوا هستند (Tang et al., 2015b; Repo-Carrasco-Valencia et al., 2010; Ranilla et al., 2009). کینوا دارای ترکیبات فنولی بیشتری نسبت به غلات کامل مانند گندم، جو، ارزن، برنج و گندم سیاه می‌باشد (Asao and Watanabe, 2010). در مطالعه‌ای با بررسی ۲۵ واریته متفاوت کینوای زرد، متوسط مقدار ترکیبات فنولی به میزان ۸/۸ گرم بر کیلوگرم آرد به دست آمد. بیشترین فعالیت ضد رادیکال‌های آزاد^۱ ABTS و قدرت احیاکنندگی مربوط به واریته Temuco (به ترتیب ۲/۰۵ g TE^۲/kg و ۲/۰۵ g TE/kg) محتوای (۲/۱۷) گزارش گردید (Sobota et al., 2020). محتوای ترکیبات فنولی واریته‌های کینوای زرد با مقادیر اندازه‌گیری شده برای کینوای سفید قابل مقایسه بود

^۱ 2,2-azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6- sulfonic acid)

^۲ Trolox

۴- پلی‌ساکاریدها: پلی‌ساکاریدها که از منوساکاریدهای مختلف و مشتقات آنها تشکیل می‌شوند، مولکول‌های زیستی مهم در ارگاناسم‌ها هستند. آنها به دلیل اثرات دارویی مختلف مانند خاصیت ضد سرطانی (Xu et al., 2015)، کاهش دهنده قند خون (Han et al., 2006)، خاصیت ضد چاقی (Lobley et al., 2013) و اثرات آنتی‌اکسیدانی (Liu et al., 2018; Tang et al., 2019) مورد توجه قرار گرفته‌اند. به نظر می‌رسد که پلی‌ساکاریدها به دلیل عملکردهای زیستی خود منبعی ایده آل برای دارو و غذاهای عملکردی هستند. در یک مطالعه پلی‌ساکاریدهای دانه کینوا با استفاده از محلول‌های قلیایی استخراج شدند. این پلی‌ساکاریدها عمدتاً از گلوکز تشکیل شده و در غلظت سه میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره، ویژگی آنتی‌اکسیدانی بسیار خوبی برای حذف رادیکال‌های آزاد $DPPH^{\cdot}$ (۴۳٪/۲۲)، رادیکال‌های آزاد ABTS (۴۶٪/۴۹)، رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل (۱٪/۷۰) و همچنین حذف رادیکال‌های آزاد سوپراکسید (۴۹٪/۷۰) از خود نشان دادند (Teng et al., 2021). در مطالعات دیگر پیشنهاد شد که پلی‌ساکاریدهای کینوا منابع بسیار خوب آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی برای حفظ سلامتی هستند. این پلی‌ساکاریدها پتانسیل بالایی برای ایجاد مواد غذایی عملکردی جهت تعدیل سیستم ایمنی را نشان داده‌اند (Yao et al., 2014; Tan et al., 2020).

۵- آرد کینوا: عصاره‌های استخراج شده از آرد کینوا و از غلات کامل (گندم، جو، ارزن، برنج و گندم سیاه) برای ارزیابی پتانسیل آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفتند. روش‌های فعالیت حذف رادیکال‌های آزاد فریک

(Pellegrini et al., 2018)، ولی فعالیت آنتی‌اکسیدانی کینوای سفید (۳/۸۸ g TE/kg) به صورت معنی‌داری بیشتر از کینوای زرد سنجش گردید. با این حال، مطالعه دیگری ظرفیت احیاکنندگی کینوای سفید را ۰/۹۸ TE/kg گزارش کرد (Alvarez-Jubete et al., 2010b). این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت در روش‌های استخراج و همچنین ژنوتیپ، نوع خاک و شرایط محیطی باشد (Nsimba et al., 2008; Alvarez-Jubete et al., 2010a). عصاره کینوای برزیلی (*BRS piabiru quinoa*) در از بین بردن محصول سوبسترهای $TBAR^1$ که ناشی از تنش اکسیداتیو القا شده توسط پراکسیداسیون لیپید می‌باشد، موثر بود و در مطالعه ای که توسط Cabalho و Paya (۲۰۱۴) انجام گرفت اثر محافظت‌کننده در برابر پراکسیداسیون لیپیدها را نشان داد. همچنین خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره کینوای برزیلی با استفاده از تست OxHLIA، یک سنجش مبتنی بر سلول برای ارزیابی بازدارندگی همولیز القا شده توسط رادیکال‌های آزاد، برای گلبول‌های قرمز گوسفند انجام گرفت. غلظت متوسط ۵/۸ و ۵۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر از عصاره به ترتیب توانست در مدت زمان ۳۰ و ۶۰ دقیقه تا ۵۰ درصد از همولیز این سلول‌ها جلوگیری کند (Sampaio et al., 2020). مطالعات مختلف شامل آزمون‌های بالینی نشان داده‌اند که کینوا دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد و این ویژگی به محتوای بالای پلی‌فنول‌های آن نسبت داده شده است (Graf et al., 2015; Vilcacundo and Hernandez-Ledesma, 2017; Dakhili et al., 2019; Shirley et al., 2020).

² 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical

¹ Thiobarbituric Acid Reactive Substances

ضدالتهابی هستند (Tang et al., 2015b). مطالعات نشان داده است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی برخی بتالین‌ها از پلی‌فنول‌ها بیشتر است (Neagu and Barbu, 2014).

بحث و نتیجه گیری

کینوا یک محصول زراعی مهم و تحمل کننده تنش-هاست که دارای ارزش غذایی بالا و ترکیبات فیتوشیمیایی منحصر به فرد می‌باشد. محصولات مشتق از کینوا و اجزای شیمیایی تشکیل دهنده آن فعالیت‌های زیستی مفید برای سلامت انسان را نشان داده‌اند. بنابراین کینوا پتانسیل تأمین ماده غذایی و دارویی افراد دچار سوء تغذیه یا اختلال سلامتی را داراست. مطالعات بالینی در مجموع پیشنهاد می‌کنند که ترکیبات آنتی-اکسیدان اصلی کینوا شامل پروتئین‌ها، ویتامین‌ها (توکوفرول‌ها و کاروتنوئیدها)، فیتواکدی‌استروئیدها و ترکیبات فنولی می‌باشد (Ruales et al 2002, Farinazzi-Machado et al 2012; De Carvalho et al 2014; Zevallos et al 2014). با این حال، بتالین‌ها هم ممکن است نقش مهمی را ایفا کنند. علاوه بر این، اجزای تشکیل دهنده کینوا ممکن است با یکدیگر برهم-کنش مثبت داشته باشند و منجر به افزایش فعالیت زیستی از طریق پدیده هم‌افزایی گردند (Schmidt et al., 2008). برای درک بهتر فواید عملکردی کینوا، مکانیسم عمل آن و برهم‌کنش‌های فیتوشیمیایی مواد تشکیل دهنده آن، آزمون‌های بالینی بیشتر مورد نیاز است.

تیوسیانات و DPPH مورد استفاده قرار گرفت و همچنین فعالیت بازدارندگی آنزیم تبدیل‌کننده آنژیوتنسین I (ACE) اندازه‌گیری شد. کینوا نسبت به غلات کامل پتانسیل آنتی‌اکسیدانی بالاتر و فعالیت بازدارندگی ACE بیشتری (۳/۲۳) را نشان داد. این نتایج پیشنهاد می‌کند که کینوا حاوی ترکیبات دارای فعالیت قوی برای حذف رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Asao and Watanabe, 2010).

۶- **روغن کینوا:** در یک مطالعه نشان داده شد که روغن دانه کینوا دارای ۸۴/۴٪ اسیدهای چرب غیراشباع و ۵۴/۲ تا ۵۸/۳٪ اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه^۱ می‌باشد (Tang et al., 2015a). اسیدهای چرب ضروری موجود در کینوا شامل لینولئیک اسید و لینولنیک اسید به آراشیدونیک اسید و ایکوزاپنتائونیک اسید یا دوکوزاهگزانوئیک اسید متابولیزه می‌شوند. این اسیدهای چرب توسط ویتامین E و دیگر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی دانه‌های کینوا به خوبی از اکسیداسیون محافظت می‌شوند.

۷- **فیتواکدی استروئیدها:** کینوا در بین محصولات کشاورزی خوراکی دارای بالاترین سطح از فیتواکدی استروئیدها (۱۳۸-۵۷۰ میکروگرم بر گرم) می‌باشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن گزارش شده است (Graf et al., 2015; Dinan, 2009; Dinan and Lafont, 2006).

۸- **بتالین‌ها:** رنگ زرد، قرمز یا سیاه دانه‌ها و بخش‌های رویشی گیاه کینوا ناشی از وجود مولکول‌های رنگیزه بتالین می‌باشد (Bharagava et al., 2006). فراوانترین بتالین در دانه‌های کینوا، بتانین و ایزوبتانین می‌باشد که دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و

¹ polyunsaturated fatty acids, PUFAs

- Dinan, L. (2009). The Karlson Lecture. Phytoecdysteroids: what use are they?. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 72(3), 126-141.
- Dinan, L., and Lafont, R. (2006). Effects and applications of arthropod steroid hormones (ecdysteroids) in mammals. Journal of Endocrinology, 191(1), 1-8.
- Fardet, A. (2010). New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre?. Nutrition Research Reviews, 23(1), 65-134.
- Farinazzi-Machado, F. M. V., Barbalho, S. M., Oshiiwa, M., Goulart, R., and Pessan Junior, O. (2012). Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. Food Science and Technology, 32, 239-244.
- Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., Sułkowski, M., Dziki, D., Baraniak, B., and Czyż, J. (2013). Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts—in vitro study. Food and Chemical Toxicology, 57, 154-160.
- Graf, B. L., Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M. E., and Raskin, I. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 14(4), 431-445.
- Han, C. R., Ma, Y. Q., and Tang, J. (2006). Extraction of polysaccharide from *auricularia auricula* and its hypoglycemia activity. Journal of Food Science and Biotechnology, 5, 111-114.
- Jakobek, L. (2015). Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. Food Chemistry, 175, 556-567.
- Kakabouki, I., Bilalis, D., Karkanis, A., Zervas, G., and Hela, D. (2014). Effects of fertilization and tillage system on growth
- Gallagher, E. (2010a). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. Trends in Food Science and Technology, 21(2), 106-113.
- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., and Gallagher, E. (2010b). 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.
- Ando, H., Chen, Y. C., Tang, H., Shimizu, M., Watanabe, K., and Mitsunaga, T. (2002). Food components in fractions of quinoa seed. Food Science and Technology Research, 8(1), 80-84.
- Arts, I. C., and Hollman, P. C. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. The American Journal of Clinical Nutrition, 81(1), 317S-325S.
- Asao, M., and Watanabe, K. (2010). Functional and bioactive properties of quinoa and amaranth. Food Science and Technology Research, 16(2), 163-168.
- Bhargava, A., Shukla, S., and Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective. Industrial Crops and Products, 23(1), 73-87.
- Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Hosseini, S. M., Shojaee-Aliabadi, S., and Mirmoghtadaie, L. (2019). Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. Food Chemistry, 299, 125-161.
- De Carvalho, F. G., Ovídio, P. P., Padovan, G. J., Jordao Junior, A. A., Marchini, J. S., and Navarro, A. M. (2014). Metabolic parameters of postmenopausal women after quinoa or corn flakes intake—a prospective and double-blind study. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 65(3), 380-385.

- properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, 111, 38-46.
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., and Ferreira, I. C. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280, 110-114.
- Ranilla, L. G., Apostolidis, E., Genovese, M. I., Lajolo, F. M., and Shetty, K. (2009). Evaluation of indigenous grains from the Peruvian Andean region for antidiabetes and antihypertension potential using in vitro methods. *Journal of medicinal food*, 12(4), 704-713.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., and 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.
- Ruales, J., Grijalva, Y. D., Lopez-Jaramillo, P., and Nair, B. M. (2002). The nutritional quality of an infant food from quinoa and its effect on the plasma level of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in undernourished children. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 53(2), 143-154.
- Sampaio, S. L., Fernandes, Â., Pereira, C., Calhelha, R. C., Sokovic, M., Santos-Buelga, C., and Ferreira, I. C. (2020). Nutritional value, physicochemical characterization and bioactive properties of the Brazilian quinoa *BRS Piabiru*. *Food and Function*, 11(4), 2969-2977.
- Schmidt, B., Ribnicky, D. M., Poulev, A., Logendra, S., Cefalu, W. T., and Raskin, I. (2008). A natural history of botanical therapeutics. *Metabolism*, 57, S3-S9.
- and crude protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An alternative forage crop. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 18-24.
- Liu, X., Gao, Y., Li, D., Liu, C., Jin, M., Bian, J., ... and Gao, P. (2018). The neuroprotective and antioxidant profiles of selenium-containing polysaccharides from the fruit of *Rosa laevigata*. *Food and Function*, 9(3), 1800-1808.
- Lobley, G. E., Holtrop, G., Bremner, D. M., Calder, A. G., Milne, E., and Johnstone, A. M. (2013). Impact of short term consumption of diets high in either non-starch polysaccharides or resistant starch in comparison with moderate weight loss on indices of insulin sensitivity in subjects with metabolic syndrome. *Nutrients*, 5(6), 2144-2172.
- Müller, L., Caris-Veyrat, C., Lowe, G., and Böhm, V. (2016). Lycopene and its antioxidant role in the prevention of cardiovascular diseases—a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(11), 1868-1879.
- Navruz-Varli, S., and Sanlier, N. (2016). Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, 69, 371-376.
- Neagu, C., and Barbu, V. (2014). Principal component analysis of the factors involved in the extraction of beetroot betalains. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20(4), 311-8.
- Nsimba, R. Y., Kikuzaki, H., and Konishi, Y. (2008). Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. *Food Chemistry*, 106(2), 760-766.
- Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., and Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant

- Tang, Y., Zhu, Z. Y., Pan, L. C., Sun, H., Song, Q. Y., and Zhang, Y. (2019). Structure analysis and anti-fatigue activity of a polysaccharide from *Lepidium meyenii* Walp. *Natural Product Research*, 33(17), 2480-2489.
- Teng, C., Qin, P., Shi, Z., Zhang, W., Yang, X., Yao, Y., and Ren, G. (2021). Structural characterization and antioxidant activity of alkali-extracted polysaccharides from quinoa. *Food Hydrocolloids*, 113, 106392.
- Vilcacundo, R., and Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14, 1-6.
- Xu, L., Cao, J., and Chen, W. (2015). Structural characterization of a broccoli polysaccharide and evaluation of anti-cancer cell proliferation effects. *Carbohydrate Polymers*, 126, 179-184.
- Yao, Y., Shi, Z., and Ren, G. (2014). Antioxidant and immunoregulatory activity of polysaccharides from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *International Journal of Molecular Sciences*, 15(10), 19307-19318.
- Zevallos, V. F., Herencia, I. L., Chang, F., Donnelly, S., Ellis, J. H., and Ciclitira, P. J. (2014). Gastrointestinal Effects of Eating Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Celiac Patients. *Official Journal of the American College of Gastroenterology* | *ACG*, 109(2), 270-278.
- Sobota, A., Świeca, M., Gęsiński, K., Wirkijowska, A., and Bochnak, J. (2020). Yellow-coated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)—physicochemical, nutritional, and antioxidant properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2035-2042.
- Sharma, K. D., Bindal, G., Rathour, R., and Rana, J. C. (2012). β -Carotene and mineral content of different *Chenopodium* species and the effect of cooking on micronutrient retention. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(3), 290-295.
- Tang, Y., Li, X., Chen, P. X., Zhang, B., Hernandez, M., Zhang, H., ... and Tsao, R. (2014). Lipids, tocopherols, and carotenoids in leaves of amaranth and quinoa cultivars and a new approach to overall evaluation of nutritional quality traits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(52), 12610-12619.
- Tang, Y., Li, X., Chen, P. X., Zhang, B., Hernandez, M., Zhang, H., ... and Tsao, R. (2015a). Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 174, 502-508.
- Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., and Tsao, R. (2015b). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380-388.

Antioxidant potential of *Chenopodium quinoa* Willd. as a nutraceutical

Athar Sadat Javanmard^{1*}, Fatemeh Khakdan²

Abstract

Chenopodium quinoa Willd. (a pseudocereal belongs to Amaranthaceae family) has attracted increasing attention worldwide over two last decades. It has been considered as a functional food. Besides, to be a complete nutrient, quinoa consumption could help to decrease the risk of several diseases such as diabetes, cardiovascular diseases, obesity, neurodegenerative disease, and cancers. Certain beneficial effects of quinoa extracts (seeds and leaves) are related to antioxidant activities which are raised from its phenolic compounds, vitamins, polysaccharides, and even minerals. Some studies indicated that the antioxidative power of quinoa extracts had synergistic effects with its anticancer properties. Several varieties of *Chenopodium quinoa* demonstrated different antioxidant activities which may result from distinct genotypes, environmental factors and also various antioxidant assays. In this review, we aim to focus on the antioxidant compounds of quinoa plant.

Keywords: Quinoa, Antioxidative Activity, Phenolic Compounds, Functional Food

¹ Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Yasouj University, Yasuj, Iran. *Corresponding author, Email: a.javanmard@yu.ac.ir

² Assistant Professor, Farzanegan Campus, Semnan University, Semnan, Iran