

## تأثیر بسته‌بندی و مدت زمان نگهداری بر ویژگی‌های دانه پوست‌گیری شده کینوا

بهجت تاج‌الدین<sup>۱\*</sup> و محمود باقری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- کرج- ایران.

<sup>۲</sup> عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- کرج- ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۴/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱

### چکیده

کینوا گیاهی شبه‌غله و منبع مناسبی از مواد معدنی، ویتامین‌ها، ترکیبات پلی‌فنلی، فیتوسترول‌ها و فلاونوئیدها است. قرار گرفتن آن در شرایط نامساعد نگهداری، منجر به افت کیفیت و زیان اقتصادی می‌شود. هدف از این مطالعه، ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دانه کینوا طی مدت بسته‌بندی و نگهداری آن است. بدین منظور، دانه پوست‌گیری شده ژنوتیپ Q12 کینوا داخل سه نوع ماده بسته‌بندی شامل پارچه، پلاستیک (فیلم پلی‌اتیلن سبک)، و ترکیبی از پارچه و پلاستیک به دو روش معمولی و تحت خلأ بسته‌بندی و در دمای حدود ۵°C به مدت یک سال نگهداری و فراسنجه‌های کمی و کیفی آن‌ها بررسی شد. پس از حدود ۳-۴ ماه نگهداری، بسته‌های تحت خلأ به تدریج از حالت خلأ خارج شدند. در میان بسته‌های تحت خلأ، نمونه‌های مربوط به ترکیبی از پارچه و فیلم، نسبت به نمونه‌های مربوط به فیلم تنها، یک ماه دیرتر از حالت خلأ خارج شدند. نتایج شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که استفاده از بسته‌بندی تحت خلأ به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) در حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی دانه کینوا موثر است. هر دو نوع مواد بسته‌بندی پلی‌اتیلن، و ترکیبی از پلی‌اتیلن و پارچه، در هر دو روش بسته‌بندی معمولی و تحت خلأ به‌طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) در حفظ ویژگی‌های کیفی دانه‌های کینوا نسبت به شاهد (بسته‌بندی معمولی نمونه‌ها داخل پارچه) موثر بودند. معنی‌دار نبودن تمام صفات در بررسی اختلاف آماری تیمارها نشانگر ضرورت بسته‌بندی است که توانسته است اختلاف بین تیمارها را کم کند. در کل، از میان همه تیمارها طی یک سال نگهداری، داده‌های نمونه‌های بسته‌بندی تحت خلأ در ترکیبی از پارچه و فیلم به داده‌های روز صفر نزدیک‌تر بود.

**واژه‌های کلیدی:** بسته‌بندی، پوست‌گیری، زمان نگهداری، ژنوتیپ Q12، کینوا

### مقدمه

کینوا (*Chenopodium quinoa* Wild) گیاهی یک‌ساله از خانواده تاج‌خروسیان یا آمارانتاسه و زیرخانواده اسفناجیان است که نسبت به خشکی مقاوم است و در شرایط نامناسب برای بیشتر غلات و بقولات، توانایی تولید بذر را دارد. کینوا معمولاً شبه‌غله شناخته می‌شود زیرا عضوی از خانواده گرامینه نیست، اما دانه‌هایی تولید می‌کند که می‌توان آن را مانند محصولات غله‌ای به آرد تبدیل و استفاده کرد. این

دانه‌های خوراکی کوچک، مسطح و گرد و معمولاً زرد کم رنگ هستند، اما ممکن است از تقریباً سفید تا صورتی، نارنجی یا قرمز تا قهوه‌ای و سیاه متغیر باشند. کینوا معمولاً برای استفاده از دانه کشت می‌شود ولی برگ‌های جوان آن به‌عنوان سبزی تازه یا پخته نیز کاربرد دارد (Bock et al., 2022; Quiroga Ledezma et al., 2015; Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011).

کینوا، گیاه غذایی بومی مردم آمریکای جنوبی است که در سال‌های اخیر به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا، حجم کم و خوش-هضمی، به خاویار سبز معروف است و از آن با عنوان دانه طلایی یا دانه قرن ۲۱ نیز یاد می‌شود. به علاوه، کینوا منبع عالی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مانند ویتامین E و دیگر مواد شیمیایی گیاهی است. گفته شده است دانه کینوا حاوی ۲۳-۱۲ درصد پروتئین، ۳۲ تا ۶۹/۲ درصد کربوهیدرات، ۹/۷-۷ درصد فیبر غذایی و ۱/۸ - ۹/۵ درصد روغن است که حدود ۵۸/۳ درصد آن را اسید لینولیک (امگا ۳) تشکیل می‌دهد (Angeli et al., 2020; Hassoon & Dziki, 2018; Miranda, 2010).

از سوی دیگر، دانه کینوا فاقد گلوتن است و به دلیل داشتن خواص عملگرایی متنوع، ویژگی‌های منحصر به فرد دارد و برای مصرف بیماران سلیاکی و کسانی که به گلوتن گندم حساسیت دارند، مناسب است. کینوا به دلیل دارا بودن ترکیباتی چون پلی‌فنول‌ها، فیتوسترول‌ها، و فلاونوئیدها نیز شناخته شده است (Dallagnol et al., 2013).

ناسا، کینوا را برای غذای فضانوردان مناسب می‌داند. فائو نیز کینوا را تنها گیاه می‌داند که نیازهای تغذیه‌ای بدن را تامین می‌کند و مناسب‌ترین غذای کامل برای انسان توصیه می‌شود. سازمان ملل متحد، سال ۲۰۱۳ را به عنوان سال بین‌المللی کینوا برای افزایش سلامت تغذیه انسان و امنیت غذایی اعلام کرد (Anon, 2021; Wu et al., 2020).

طی سال‌های اخیر، طیف گسترده‌ای از محصولات غذایی از جمله نان، ماکارونی، کوکی، کلوچه، نوشیدنی، غذای کودک، غلات صبحانه، اسنک، فیلم‌های خوراکی و تثبیت کننده‌های امولسیون از کینوا تهیه شده است. کینوا، خواصی مثل انحلال‌پذیری، ظرفیت نگهداری آب، تشکیل ژل، امولسیون‌کنندگی و کف‌کنندگی دارد که امکان کاربردهای گوناگون آن را فراهم می‌کند (Wang & Zhu, 2016).

کینوا از تعادل عالی بین کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها برخوردار است. بخش کربوهیدرات کینوا عمدتاً از نشاسته (۶۹-۳۲ گرم در ۱۰۰ گرم) با مقدار قابل توجهی نشاسته مقاوم و فیبر غذایی (۷/۰-۱۱/۷ گرم در ۱۰۰ گرم) تشکیل شده است (Bock et al., 2022). کربوهیدرات‌های کینوا ممکن است به عنوان مکمل غذایی در نظر گرفته شوند زیرا اثرهای مفیدی در کاهش قند خون دارند و سبب کاهش اسیدهای چرب آزاد می‌شوند (Abugoch et al., 2008). فیبر که ماده‌ای تقریباً غیرقابل هضم و نوعی کربوهیدرات است و عمدتاً در لابه‌های بیرونی گیاهان پیدا می‌شود، به میزان قابل توجهی در کینوا وجود دارد. دانه‌های کینوا سرشار از پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری است و دارای ترکیب آمینواسیدی متعادل با سطوح بالای لیزین، ترئونین، و متیونین است که در غلات به ندرت دیده می‌شود (Hassoon & Dziki, 2018).

آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها بخش اصلی میزان پروتئین کل (۷ تا ۲۳ گرم در ۱۰۰ گرم) را تشکیل می‌دهند (Bock et al., 2022). رانهوترا و همکاران (Ranhotra et al., 1993) کیفیت پروتئین کینوا را معادل کیفیت پروتئینی کازئین می‌دانند. علاوه بر این، کینوا حدود ۵/۵ تا ۷/۴ گرم چربی در ۱۰۰ گرم دارد که بیشتر از مقداری است که در گندم، ذرت و برنج دیده می‌شود (Bock et al., 2022). پروفایل اسیدهای چرب دانه کینوا شبیه به پروفایل اسیدهای چرب ذرت و روغن سویا گزارش شده است (Youdim et al., 2000). کینوا منبع خوبی از ویتامین‌های گروه B از جمله ریبوفلاوین، تیامین، نیاسین، و اسید فولیک، و نیز منبع خوبی از مواد معدنی از جمله کلسیم و آهن، در مقایسه با غلات است (Abugoch et al., 2008; Ahamed et al., 1998; Ando et al., 2002; Koziol, 1992).

از نظر ساختاری، دانه کینوا از سه قسمت اصلی پریسپرم<sup>۱</sup>، امبریو یا جوانه<sup>۲</sup>، و پریکارپ یا پوسته بذر<sup>۳</sup> تشکیل

2 The embryo or germ  
3 Pericarp or seed hull

<sup>1</sup> Perisperm

یکپارچگی بسته‌بندی<sup>۱</sup> برای کینوا بسیار مهم است زیرا کینوا شکننده و مستعد خرد شدن است که منجر به پودر شدن و هدر رفتن آن می‌شود. از نظر بهداشت و ایمنی نیز بسته‌بندی باید از آلودگی جلوگیری و تازگی را حفظ کند. به دلیل چالش‌های زنجیره تامین، مسیرهای حمل و نقل طولانی نیاز به بسته‌بندی بادوام دارند. از نظر تبلیغ نیز بسته‌بندی با کیفیت بالا نشان‌دهنده تعهد و برتری هر برند یا شرکت است (Anon, 2024).

شکلات بار کینوا<sup>۲</sup> در فیلم‌های پلی‌پروپیلن (PP)، ۷۵ میکرون) و پلی‌استر متالیزه شده (۱۲ میکرون) با چگالی کم‌چگالی بالا (MP، ۱۰۰ میکرون)<sup>۳</sup> (با/ بدون خلأ) بسته‌بندی و در شرایط دمای محیط و دمای ۳۷ درجه سلسیوس برای ارزیابی ماندگاری نگهداری شدند. تغییرات شیمیایی در نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به‌طور قابل توجهی ( $p < 0.05$ ) بیشتر مشاهده شده است تا در نمونه‌های ذخیره شده در شرایط محیطی (۳۴-۱۵ درجه سلسیوس). سختی<sup>۴</sup> شکلات‌ها طی نگهداری افزایش می‌یابد و مقدار آن در نمونه‌های بسته‌بندی شده در فیلم‌های MP (با/ بدون خلأ) بیشتر است تا در شکلات‌های بسته‌بندی شده در فیلم‌های PP ( $p < 0.05$ ). بنابراین، ماندگاری شکلات در فیلم‌های MP (با/ بدون خلأ) به ۶ ماه و در فیلم‌های PP به ۹ ماه در هر دو شرایط دمایی محدود شده است (Padmashree et al., 2018).

نظر به حفظ یکپارچگی بسته‌بندی برای محصولات حساسی مانند کینوا، آزمون‌گر فشردگی جعبه (BCT)<sup>۵</sup> نقش حیاتی دارد که از طریق دستگاهی برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری جعبه‌ها، کارتن‌ها و دیگر مواد بسته‌بندی صورت می‌گیرد تا اطمینان حاصل کنند که بسته‌بندی

شده است. پریکارپ معمولاً حاوی ساپونین‌ها و مقدار قابل توجهی فیبر و مواد معدنی مانند منیزیم، فسفر، پتاسیم، و کلسیم است. طعم تلخ قوی ساپونین‌ها کاربرد آن‌ها را در غذاها محدود می‌کند و به دلیل خواص ضدتغذیه‌ای و ویژگی‌های نامطلوب حسی، قبل از مصرف باید از سطح دانه حذف شوند. برخی از مطالعات، مزایای سلامتی ساپونین‌ها مانند کاهش کلسترول و اثرهای ضد سرطانی را در منابع غذایی و غیرغذایی نشان داده‌اند (Wu et al., 2020). عاتف و همکاران (Atef et al., 2014) شستشو با آب گرم را بهترین روش حذف طعم تلخ دانه‌های کینوا دانسته‌اند. برادی و همکاران (Brady et al., 2007) گزارش کرده‌اند که طعم تلخ ایجاد شده با ساپونین‌ها را می‌توان با اکستروژن و فرآیندهای برشته کردن کاهش داد. بنابراین، بسته به کاربردهای مختلف، کینوا پوست‌گیری یا ساپونین زدایی می‌شود. درصد پوست‌گیری، عامل مهمی در کیفیت کاربردی کینوا است. هر چه درصد پوست‌گیری بیشتر باشد، دانه پوست‌گیری شده روشن‌تر شده و مقدار ساپونین‌زدایی آن بیشتر می‌شود اما ارزش غذایی آن ممکن است کاهش یابد (Bagheri, 2020).

از آنجایی که تقاضا برای غذاهای سالم و ارگانیک در حال افزایش است، کینوا به یک غذای اصلی در خانه‌های مردم سراسر جهان تبدیل شده است. برای حصول اطمینان از اینکه این غذای فوق‌العاده در شرایط عالی به‌دست مصرف‌کنندگان برسد، نیازمند بسته‌بندی محکمی است که بتواند در برابر سختی‌های حمل و نقل و ذخیره‌سازی مقاومت کند (Anon, 2024). متأسفانه کار پژوهشی زیادی روی بسته بندی دانه کینوای آماده مصرف نشده است و اطلاعات بیشتر به‌صورت گزارش‌های پراکنده محدود تجاری وجود دارد که به برخی از آن‌ها در زیر اشاره می‌شود.

<sup>4</sup> Hardness

<sup>5</sup> Box Compression Tester

<sup>1</sup> Packaging Integrity

<sup>2</sup> Choco quinoa nutri bar

<sup>3</sup> Metallised polyester (12  $\mu$ ) low density—high density (MP, 100  $\mu$ )

می‌تواند محتویات خود را هنگام ذخیره‌سازی، جابه‌جایی و حمل و نقل محافظت کند (Anon, 2024).

### مواد و روش‌ها

#### مواد

علاوه بر فیلم پلی‌اتیلن سبک (پلی‌اتیلن با دانسیته پایین) و پارچه متقال، ژنوتیپ Q12 دانه کینوا از سردخانه بخش تحقیقات سبزی و صیفی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مجهز به کنترل دما و تهویه، با رطوبت نسبی محیط و دمای نگهداری ۵/۵ درجه سلسیوس تهیه شد. ژنوتیپ Q12، متوسط‌رس است و دوره رسیدگی ۱۵ روز در کشت تابستانه و ۱۲۵ روز در کشت بهاره دارد. وزن هزاردانه آن حدود ۴/۲ گرم است. ارتفاع بوته متوسط و حدود ۱۳۵ سانتی‌متر است (Bagheri, 2020). در سال مورد مطالعه (۱۴۰۰-۱۳۹۹)، وسعت کشت ژنوتیپ Q12 پس از رقم معروف تی‌تی کاکا، رتبه دوم را در سطح کشور داشته است. علاوه بر این، Q12 دانه درشت‌تر است و تلخی (میزان ساپونین) کمتری دارد. این ژنوتیپ از ارقام سفید یا تیره نیست و رنگی روشن (رنگی شبیه طلایی کمرنگ) دارد.

#### روش‌ها

سه کیلوگرم از ژنوتیپ Q12 دانه کینوا با ماشین پوست‌گیری سایشی مدل INNOVA SRL ساخت اتریش پوست‌گیری شد. مقدار  $5 \pm 100$  گرم از نمونه‌های بالا داخل سه نوع ماده بسته‌بندی شامل فیلم پلی‌اتیلن سبک به ضخامت ۶۵ میکرومتر، پارچه متقال سفید به ضخامت ۱۹۹ میکرومتر، و ترکیبی از هر دو قرار داده شد و بسته‌ها به‌روش معمولی بسته‌بندی شدند. نمونه‌های توزین شده دانه کینوا داخل فیلم پلی‌اتیلن سبک، و ترکیبی از پارچه و فیلم به‌روش تحت‌خلأ با دستگاه بسته‌بندی محفظه‌ای مدل Boxer 42، ساخت هلند، با ایجاد خلأ تا ۰/۵ بار (حدود ۹۹ درصد)، و کلیدهای تنظیم میزان خلأ (۱۵ ثانیه)، دوخت بسته (۱/۵ ثانیه)، و میزان هوای ملایم<sup>۱</sup> برابر ۵ ثانیه بسته‌بندی شدند.

با اتخاذ فناوری زنجیره خشک یعنی خشک شدن قبل از ذخیره‌سازی و حفظ خشکی بذر از طریق بسته‌بندی مناسب، ممکن است از زوال بذر کینوا جلوگیری کرد (Bakhtavar & Afzal, 2020). طی مطالعه‌ای، ویژگی‌های کیفی و قابلیت ذخیره‌سازی جوانه‌های کینوای تازه، ارقام Real و Regalona Baer، بررسی شد. ویژگی‌های جوانه‌زنی، بافت، ویژگی‌های حسی و شیمیایی جوانه‌ها پس از ۴ روز خیساندن در آب و طی مدت نگهداری در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) غیرفعال و MAP فعال با ۲۰ درصد CO<sub>2</sub> و ۵ درصد O<sub>2</sub> ارزیابی شد. جوانه‌های رقم Real کوتاه‌ترین زمان ماندگاری را نشان دادند، در حالی که جوانه‌های Regalona Baer پس از ۷ روز همچنان قابل فروش بودند. جوانه‌های نگهداری شده در MAP فعال، بافت بهتر و تغییرات طعم کمتری نسبت به نمونه‌های ذخیره‌شده در MAP غیرفعال نشان دادند، بنابراین، مشخص شد که بسته‌بندی فعال با ۲۰ درصد CO<sub>2</sub> و ۵ درصد O<sub>2</sub> ممکن است راه‌حل بالقوه‌ای برای توزیع این محصول باشد (D'ambrosio et al., 2017).

مطالعات جامع هیریچ و همکاران (Hirich et al., 2021) مشخص کرد نیاز جدی وجود دارد که به توسعه بسته‌بندی دانه کینوا و برچسب‌گذاری درست آن توجه شود از جمله به‌طور مشخص ویژگی‌های بسته‌بندی مانند نوع ماده بسته‌بندی، روش بسته‌بندی و نگهداری کینوا بهبود یابد. از آنجا که نتایج مطالعات پژوهشی روی بسته‌بندی دانه خشک‌شده پوست‌گیری‌شده کینوا وجود ندارد، مطالعه حاضر، برای اولین بار به تاثیر نوع ماده بسته‌بندی و روش بسته‌بندی روی کیفیت دانه کینوا طی مدت نگهداری یک‌ساله در دمای سرد یخچال (حدود ۴-۳ درجه سلسیوس) می‌پردازد.

<sup>1</sup> Soft air

$$5) \quad M_1 \times 100 / M_0 = \text{درصد چربی}$$

$$M_0 = \text{وزن اولیه نمونه}$$

$M_1 = \text{وزن ماده باقی‌مانده پس از تبخیر کامل حلال}$   
مقدار کربوهیدرات دانه کینوا از رابطه (۶) محاسبه شد (Jyoti & Sarojani, 2018):

(۶)

$$\text{درصد کربوهیدرات} = 100 - (\text{چربی} + \text{پروتئین} + \text{خاکستر} + \text{فیبر خام}) = 100 -$$

درصد کربوهیدرات

pH نمونه‌های کینوا، با دستگاه pH متر (مدل Metrohm-691، ساخت سوئیس) در دمای ۲۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد (Anon, 2005).

### تجزیه و تحلیل آماری

برای آزمون آماری، پس از جمع‌آوری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری متغیرهای وابسته در سه تکرار، سه عامل یا متغیر مستقل مشتمل بر نوع ماده بسته‌بندی در سه سطح فیلم پلی‌اتیلن (PE)، پارچه (TEX)، و فیلم پلی‌اتیلن + پارچه (PE+TEX)؛ روش بسته‌بندی در دو سطح معمولی (N) و تحت خلأ (Vac)؛ و زمان نگهداری در پنج سطح ۰، ۳، ۶، ۹، و ۱۲ ماه در قسمت متغیرهای نرم‌افزار SPSS شماره (نسخه) ۲۲ تعریف شد (جدول ۱).

تجزیه واریانس یک طرفه تأثیر تیمار برای هر یک از متغیرهای وابسته بالا در قالب طرح کاملاً تصادفی در هر یک از زمان‌های نگهداری تجزیه و تحلیل شد. تجزیه واریانس یک طرفه تأثیر زمان برای هر یک از تیمارها نیز روی هر یک از متغیرهای وابسته بالا در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی گردید. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد (سطح احتمال ۵ درصد) صورت گرفت. با توجه به سه تکرار برای هر نمونه آزمایشی، تعداد نمونه‌ها برای هر تیمار ۱۵ و تعداد کل نمونه‌ها برای پنج تیمار ۷۵ نمونه بود.

برخی فراسنجه‌های فیزیکی و شیمیایی مهم نمونه‌ها هنگام ورود به آزمایشگاه (آزمایش‌های روز صفر) و طی یک سال نگهداری، به شرح زیر روی تیمارهای مختلف نمونه‌ها، مطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی صورت گرفت.

درصد پوست‌گیری دانه کینوا از رابطه (۱) تعیین شد.

$$1) \quad M_1 - M_2 \times 100 / M_1 = \text{درصد پوست‌گیری}$$

$$M_1 = \text{وزن نمونه قبل از پوست‌گیری}$$

$$M_2 = \text{وزن نمونه پس از پوست‌گیری}$$

رطوبت با استفاده از توزین نمونه‌ها و تغییرات وزنی آن‌ها پس از گرمخانه‌گذاری در دمای  $50 \pm 10.5^\circ\text{C}$  تعیین و از رابطه (۲) محاسبه شد (Anon, 2005).

$$2) \quad (M_1 - M_2) \times 100 / M_0 = \text{درصد رطوبت}$$

$$M_0 = \text{وزن نمونه داخل پلیت}$$

$$M_1 = \text{وزن پلیت و نمونه}$$

$$M_2 = \text{وزن پلیت و نمونه پس از گرمخانه‌گذاری}$$

برای تعیین خاکستر، نمونه آسیاب شده دانه کینوا در کوره مدل هراثوس ساخت آلمان قرار داده شد تا کلیه مواد آلی آن اکسید شود. مواد معدنی باقی‌مانده، معرف خاکستر هستند که مقدار آن پس از وزن کردن از رابطه (۳) به دست آمد (Anon, 2005).

$$3) \quad \left[ \frac{\text{وزن بوتۀ خالی}}{\text{وزن بوتۀ خالی} + \text{وزن بوتۀ نمونه}} \right] \times 100 = \text{وزن بوتۀ خالی}$$

$$\left[ \frac{\text{وزن بوتۀ خالی}}{\text{وزن بوتۀ خالی} + \text{وزن بوتۀ خاکستر}} \right] = \text{درصد خاکستر}$$

فیبر خام<sup>۱</sup> نیز از رابطه (۴) تعیین شد (Anon, 2005).

$$4) \quad M_1 \times 100 / M_0 = \text{درصد فیبر خام}$$

$$M_0 = \text{وزن اولیه نمونه آسیاب شده دانه کینوا}$$

$$M_1 = \text{وزن ماده باقی‌مانده روی کاغذ صافی پس از دو مرحله جوشاندن با اسید سولفوریک و هیدروکسید سدیم}$$

پروتئین دانه کینوا با تعیین درصد نیتروژن به روش کجلدال و اعمال ضریب ثابت ۶/۲۵ برآورد شد (Anon, 2005).

چربی به روش استخراج سرد، با حلال ان-هگزان (هگزان نرمال) استخراج و مقدار آن از رابطه (۵) محاسبه شد (Anon, 2009).

<sup>1</sup> Crude fiber

جدول ۱- تیمارهای آزمایشی

Table 1- Experimental Treatments

تیمار	نوع بسته‌بندی	زمان نگهداری (ماه)
Treatment	Packaging Type	Storage time (months)
T1	N.PE	0, 3, 6, 9, 12
T2 (Control)	N.TEX	0, 3, 6, 9, 12
T3	N.PE+TEX	0, 3, 6, 9, 12
T4	Vac.PE	0, 3, 6, 9, 12
T5	Vac.PE+TEX	0, 3, 6, 9, 12

## نتایج و بحث

بلافاصله پس از پوست‌گیری دانه‌های کینوا، برخی از ویژگی‌های آن اندازه‌گیری و به‌عنوان داده‌های روز صفر ثبت شد (جدول ۲). نتایج شاخص‌های اندازه‌گیری شده طی یک سال نگهداری نیز به شرح زیر به‌دست آمد

جدول ۲- ویژگی‌های دانه کینوا بلافاصله پس از پوست‌گیری (داده‌های روز صفر)

Table 2- Characteristics of husked Quinoa grains (0-day data)

pH	کربوهیدرات (%)	فیبر خام (%)	خاکستر (%)	پروتئین (%)	چربی (%)	رطوبت (%)	پوست‌گیری (%)
	Carbohydrate (%)	Fiber (%)	Ash (%)	Protein (%)	Fat (%)	Moisture (%)	Husking (%)
5.23	68.80	2.06	2.90	12.95	3.96	12.33	13.51

به‌دلیل رساندن درصد پوست‌گیری به دامنه درصد پوست‌گیری ذکر شده در منابع، که آن نیز به‌دلیل حصول اطمینان از کاهش مقدار ساپونین است (Bagheri, 2020)، پس از دو بار پوست‌گیری دانه کینوا با دستگاه پوست‌گیری سایشی، درصد پوست‌گیری محاسبه شد. درصد پوست‌گیری، عامل مهمی در کیفیت کاربردی کینوا است. هر چه مقدار آن بیشتر باشد، دانه پوست‌گیری شده روشن‌تر و مقدار ساپونین‌زدایی آن بیشتر می‌شود اما ممکن است ارزش غذایی آن کاهش یابد.

میانگین میزان رطوبت ژنوتیپ Q12 نمونه‌های کینوا برای روز صفر ۱۲/۳۳ درصد به‌دست آمد. بررسی اثر تیمار طی زمان نگهداری (جدول ۳) نشان می‌دهد که در پایان دوره بیشترین مقدار رطوبت مربوط به تیمار ۵ (۱۱/۶۸ درصد) و کمترین آن مربوط به تیمار ۲ (۷/۹۲ درصد) است ( $p < 0.05$ ). در بررسی تاثیر زمان نگهداری روی رطوبت دانه کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نیز معلوم شد که برای تمام تیمارها، میزان رطوبت طی مدت نگهداری

کاهش می‌یابد. بیشترین تغییرات مربوط به تیمار ۲ و کمترین تغییرات مربوط به تیمار ۵ است. بنابراین، با علم به وجود اختلاف معنی‌دار بین بسته‌ها از نظر میزان رطوبت دانه کینوا طی مدت نگهداری، با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار به‌دلیل حفظ بیشترین رطوبت، تیمار ۵ یعنی بسته نمونه‌های کینوای ژنوتیپ Q12 داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت خلأ است.

در چهار رقم کینوا به نام‌های بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا ۸۹، و ساجاما میزان رطوبت به‌ترتیب ۱۱/۳۹، ۱۰/۷۸، ۱۲/۰۳، و ۱۲/۶۲ درصد گزارش شده است (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011). میزان تغییرات رطوبت دانه کینوا طی حدود یک سال نگهداری، تقریباً با روندی خیلی ملایم سیر نزولی داشته است اما در میان تیمارهای مختلف، نمونه‌های بسته‌بندی شده در پارچه بیشترین کاهش رطوبت را نشان دادند. نتایج پژوهشی مبنی بر تاثیر مدت زمان نگهداری (۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰، ۳۶۰ روز) و دما (۴، ۱۰ و ۲۵ درجه سلسیوس) روی ترکیبات

جدول ۳- مقایسه میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر رطوبت دانه کینوا

Table 3- Means comparison of the effect of treatment type and storage time on quinoa grain moisture

تیمار Treatment					زمان نگهداری (ماه) Storage time (months)
T5	T4	T3	T2	T1	
12.33 aD	12.33 aC	12.33 aD	12.33 aE	12.33 aE	0
12.33 cD	12.33 cC	12.31 cD	11.24 aD	12.02 bD	3
12.17 cdC	12.24 dC	12.13 cC	9.60 aC	11.76 bC	6
12.00 eB	11.90 dB	11.33 cB	8.40 aB	11.17 bB	9
11.68 dA	11.50 cA	10.37 bA	7.92 aA	10.67 bA	12

حروف متفاوت کوچک در هر سطر بیانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت تیمارهای مختلف در یک زمان، و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت هر تیمار در زمان‌های مختلف است.

تغذیه‌ای و خواص رنگ رقم تی‌تی‌کاکا (Kibar *et al.*, 2021) نیز نشان داد که افزایش مدت زمان نگهداری و دما منجر به تغییر در میزان رطوبت می‌شود طوری که در پایان ۳۶۰ روز نگهداری، میزان آن در همه دماها به‌ویژه دماهای بالاتر کاهش می‌یابد. اندازه‌گیری خاکستر موادغذایی، آزمون مهمی است زیرا مقدار خاکستر ماده‌غذایی بیانگر شاخص کلی از کیفیت آن است. برای مثال، مقدار زیاد خاکستر در موادغذایی با کربوهیدرات بالا مثل شکر، نشاسته، و ژلاتین نشانگر وجود مواد غیرآلی و غیرطبیعی در آن‌ها و معرف محصولی با کیفیت پایین است. مقدار خاکستر در غلات مهم از جمله آرد گندم بسته به درجه استخراج، از ۰/۴۴ - ۰/۳۸ در آرد مغز دانه (آرد سه صفر) تا ۱/۴۵-۱/۳۵ در آرد تیره یا آرد اروپایی (آردی که از تمام قسمت‌های دانه غیر از جوانه آن تهیه شود) متغیر است. نتایج این مطالعه نشان داد که در کلیه نمونه‌ها، خاکستر دانه کینوای آسیاب شده با درجه پوست‌گیری که بالاتر گفته شد، بین ۱/۵ تا ۲/۹ متغیر است. این موضوع، نشانگر بالا بودن میزان خاکستر در کینوا نسبت به آرد گندم است. در این مطالعه مقدار خاکستر برابر ۲/۹ درصد بود. نتایج مطالعات دیگر پژوهشگران نشان داده است که میزان خاکستر دانه کینوا ۲/۷ درصد (Filho *et al.*, 2017) و به‌طور مشخص برای چهار رقم بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا ۸۹، و ساجاما به ترتیب ۳/۳۸، ۳/۵۲، ۵/۴۶ و ۳/۰۴ درصد (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011) بوده است. در مطالعه دیگری برای اندازه‌گیری میزان خاکستر ۱۳ رقم کینوا طی سه سال ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ در شمال غربی اروپا، عددهای ۳/۶۰ تا ۲/۳۷ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک به‌دست آمد (Bock *et al.*, 2022). طی حدود یک سال نگهداری، میزان خاکستر دانه‌ها با روندی خیلی ملایم رو به کاهش بوده است. نتایج مطالعات دیگر (Kibar *et al.*, 2021) نیز نشان داد که طی یک سال نگهداری رقم تی‌تی‌کاکای کینوا با افزایش مدت زمان نگهداری میزان خاکستر در همه دماهای نگهداری (۴، ۱۰ و ۲۵ درجه سلسیوس) کاهش می‌یابد. در میان تیمارهای مختلف این مطالعه، نمونه‌های بسته‌بندی شده در پارچه بیشترین کاهش خاکستر را نشان دادند. برای نمونه‌های تحت خلأ این تغییرات به‌ویژه تا ماه ششم نگهداری خیلی کمتر است. تغییرات در ماه‌های آخر بیشتر است که احتمالاً به‌دلیل نفوذ هوا به داخل بسته‌ها و از بین رفتن خلأ در آن‌هاست. مقایسه میانگین‌ها برای بررسی تأثیر عامل‌های تیمار و زمان نگهداری بر ویژگی مقدار خاکستر در جدول ۴ خلاصه شده است. بررسی اثر تیمار روی میزان خاکستر طی مدت زمان نگهداری نشان داد که در پایان دوره بیشترین مقدار خاکستر مربوط به تیمار ۵ (۲/۲۹ درصد) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۲ (۱/۵۴ درصد) است. علاوه بر این، در بررسی تأثیر زمان

نگهداری روی مقدار خاکستر دانه کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه معلوم شد که برای تمام تیمارها، میزان خاکستر در دوره نگهداری کاهش می‌یابد. بیشترین تغییرات مربوط به تیمار ۲ و کمترین تغییرات مربوط به تیمار ۵ است. بنابراین، با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار، از لحاظ حفظ بیشترین خاکستر و کمترین تغییرات، تیمار ۵ یعنی بسته نمونه‌های کینوای داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت خلأ است.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر مقدار خاکستر دانه کینوا

Table 4- Means comparison of the effect of treatment type and storage time on quinoa grain ash

تیمار Treatment					زمان نگهداری (ماه) Storage time (months)
T5	T4	T3	T2	T1	
2.90 aC	2.90 aD	2.90 aD	2.90 aE	2.90 aD	0
2.90 bC	2.90 bD	2.90 bD	2.72 aD	2.89 bD	3
2.88 dC	2.86 dC	2.37 bC	1.97 aC	2.50 cC	6
2.64 cB	2.58 cB	2.15 bB	1.59 aB	2.20 bB	9
2.29 eA	2.10 dA	1.61 bA	1.54 aA	2.00 cA	12

حروف متفاوت کوچک در هر سطر بیانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت تیمارهای مختلف در یک زمان، و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت هر تیمار در زمان‌های مختلف است.

با اینکه بسیاری از غذاهای گیاهی هر دو نوع فیبر انحلال‌پذیر و انحلال‌ناپذیر را دارند، غلات، هویج، خیار، برنج قهوه‌ای و حبوبات از منابع غذایی سالم سرشار از فیبر انحلال‌ناپذیر هستند. کینوا نیز یک شبه غله است که برای مقایسه در رده غلات سبوس‌دار قرار می‌گیرد. غلات سبوس‌دار یا غلات کامل، گروه غذایی سالم و سرشار از فیبر هستند که در رفع فیبر مورد نیاز روزانه انسان موثر هستند. غلات کامل، با حداقل فرآوری تهیه می‌شوند و شامل سه قسمت لایه درونی گیاهک یا جوانه<sup>۱</sup>، لایه میانی آندوسپرم و لایه بیرونی سبوس<sup>۲</sup> هستند. سبوس، بخشی از دانه است که بیشترین میزان فیبر را در بر دارد. در مطالعه حاضر، فیبر خام نمونه‌های کینوای آسیاب‌شده تعیین شد که معرف باقیمانده مواد آلی انحلال‌ناپذیر است (Filho *et al.*, 2017). این مقدار در روز صفر برابر ۲/۰۶ درصد به دست آمد. در مطالعه‌ای (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011)، مقدار فیبر خام چهار رقم کینوا مشتمل بر بلانک‌دجولی، کانکولا، لامولینا<sup>۸۹</sup>، و ساجاما را بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک به ترتیب ۲، ۳/۰۷، ۳/۳۸، و ۱/۹۲ تعیین شده است. مطالعات دیگر (Abugoch *et al.*, 2008; Ahamed *et al.*, 1998; Ando *et al.*, 2002; Koziol, 1992) نیز مقدار فیبر غذایی را در دانه کینوا حدود ۷-۹ درصد گزارش کرده‌اند. برای بررسی تأثیر عامل‌های تیمار و زمان نگهداری بر مقدار فیبر، مقایسه میانگین‌های آن‌ها در جدول ۵ خلاصه شد. بررسی اثر تیمار روی میزان فیبر خام طی مدت زمان نگهداری نشان می‌دهد که در پایان دوره نگهداری، غیر از تیمار ۲ که در دسته جدایی قرار دارد، اختلاف معنی‌داری بین دیگر تیمارها وجود ندارد. در بررسی تأثیر زمان نگهداری روی مقدار فیبر خام دانه کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نیز معلوم شد که بیشترین تغییرات مربوط به تیمار ۲ و کمترین تغییرات مربوط به تیمار ۵ است. بنابراین،

<sup>1</sup> Germ<sup>2</sup> Bran

تأثیر بسته‌بندی و مدت زمان نگهداری بر ویژگی‌های دانه پوست‌گیری شده کینوا

با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار به دلیل نمونه‌های کینوای داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت‌خلأ حفظ بیشترین فیبر و کم‌ترین تغییرات، تیمار ۵ یعنی بسته است.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر فیبر خام دانه کینوا

Table 5- Means comparison of the effect of treatment type and storage time on quinoa grain fiber

تیمار Treatment					زمان نگهداری (ماه) Storage time (months)
T5	T4	T3	T2	T1	
2.06 aB	2.06 aB	2.06 aC	2.06 aC	2.06 aC	0
2.06 aB	2.06 aB	2.05 aBC	2.02 aC	2.04 aBC	3
2.02 aAB	2.00 aAB	2.01 aABC	1.99 aBC	2.00 aABC	6
2.00 bAB	1.99 bAB	1.98 bAB	1.92 aB	1.97 bAB	9
1.95 bA	1.94 bA	1.95 bA	1.60 aA	1.93 bA	12

حروف متفاوت کوچک در هر سطر بیانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت تیمارهای مختلف در یک زمان، و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت هر تیمار در زمان‌های مختلف است.

جدول ۶- مقایسه میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر پروتئین دانه کینوا

Table 6- Means comparison of the effect of treatment type and storage time on quinoa grain protein

تیمار Treatment					زمان نگهداری (ماه) Storage time (months)
T5	T4	T3	T2	T1	
12.95 aC	12.95 aD	12.95 aC	12.95 aD	12.95 aD	0
12.95 aC	12.94 aD	12.92 aC	12.87 aD	12.90 aD	3
12.91 cC	12.82 bcC	12.86 bcC	12.66 aC	12.79 bC	6
12.76 cB	12.71 cB	12.72 cB	12.31 aB	12.59 bB	9
12.49 dA	12.36 cA	12.43 dA	11.69 aA	12.21 bA	12

حروف متفاوت کوچک در هر سطر بیانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت تیمارهای مختلف در یک زمان، و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت هر تیمار در زمان‌های مختلف است.

در روز صفر، میزان پروتئین برابر با ۱۲/۹۵ درصد به دست آمد. در برخی مطالعات (Abugoch *et al.*, 2008; Ahamed *et al.*, 2002; Koziol, 1992) مقدار پروتئین دانه کینوا حدود ۱۲-۲۳ درصد بیان شده است. در یکی از پژوهش‌ها (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011)، مقدار پروتئین چهار رقم کینوا شامل بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا ۸۹، و ساجاما به ترتیب ۱۳/۹۶، ۱۵/۱۷، ۱۵/۴۷ و ۱۴/۵۳ درصد گزارش شده است. میزان پروتئین ۱۳ رقم کینوای مورد مطالعه در شمال غربی اروپا طی سه سال ۲۰۱۷، ۲۰۱۸، و ۲۰۱۹، ۱۲/۱ تا ۱۸/۸ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک اندازه‌گیری شده است (Bock *et al.*, 2022). در این مطالعه، میزان پروتئین دانه‌ها با روندی خیلی ملایم رو به کاهش است. نتایج مطالعات کیبار و همکاران نیز نشان داد که طی یک سال نگهداری رقم تی‌تی‌کاکا در دماهای ۴، ۱۰ و ۲۵ درجه سلسیوس، با افزایش مدت زمان نگهداری میزان پروتئین در همه دماها کاهش می‌یابد (Kibar *et al.*, 2021). به هر حال، برای نمونه‌های تحت‌خلأ این تغییرات به‌ویژه تا ماه ششم نگهداری خیلی کمتر است.

غربی اروپا، میزان چربی ۱۳ رقم کینوا در سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۹، از ۵/۵۴ تا ۷/۴۲ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک متغیر گزارش شده است (Bock *et al.*, 2022). مقایسه میانگین-های تاثیر عامل‌های تیمار و زمان نگهداری بر ویژگی مقدار چربی آن‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است. بررسی اثر تیمار روی میزان چربی خام طی مدت زمان نگهداری نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار چربی مربوط به تیمار ۵ (۳/۹۴ درصد) و کم‌ترین مربوط به تیمار ۲ (۳/۸۰ درصد) است. بررسی تاثیر زمان نگهداری روی مقدار چربی دانه کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نیز نشان داد که بیش‌ترین تغییرات چربی طی مدت نگهداری مربوط به تیمار ۲ و کم‌ترین تغییرات مربوط به تیمار ۵ است. بنابراین، با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار به دلیل حفظ بیشترین مقدار پروتئین و کم‌ترین تغییرات، تیمار ۵ یعنی بسته نمونه‌های کینوای داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت خلأ است.

مقدار کربوهیدرات دانه کینوا در روز صفر عدد ۶۸/۸۰ درصد را نشان می‌دهد. میزان کربوهیدرات در چهار رقم بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا ۸۹، و ساجاما کینوا به ترتیب ۷۵/۱۵، ۷۲/۴۷، ۶۸/۸۴، و ۷۵/۸۲ درصد گزارش شده است (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011). میراندا و همکاران (Miranda *et al.*, 2010) نیز میزان کربوهیدرات کینوا را بین ۳۲ تا ۶۹/۲ درصد دانسته‌اند. فیلهو و همکاران (Filho *et al.*, 2017) این عدد را ۷۴ درصد گزارش کرده‌اند. میزان کربوهیدرات در این مطالعه، با میزان کربوهیدرات ذکر شده در گزارش‌های دیگر پژوهشگران همخوانی دارد. مقایسه میانگین‌های تاثیر عامل‌های تیمار و زمان نگهداری بر مقدار کربوهیدرات در جدول ۸ نشان داده شده است.

تغییرات در ماه‌های آخر بیشتر است که احتمالاً به دلیل نفوذ هوا به داخل بسته‌ها و از بین رفتن خلأ آن‌هاست. برای بررسی تاثیر عامل‌های تیمار و زمان نگهداری بر مقدار پروتئین، مقایسه میانگین‌های آن‌ها در جدول ۶ آمده است. بررسی اثر تیمار روی میزان پروتئین طی مدت زمان نگهداری نشان می‌دهد که در پایان دوره نگهداری، تیمارها با هم متفاوت‌اند و هر یک در دسته جداگانه‌ای قرار دارند. با این حال، بیش‌ترین مقدار پروتئین مربوط به تیمار ۵ (۱۲/۴۹ درصد) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۲ (۱۱/۶۹ درصد) است. در بررسی تاثیر زمان نگهداری روی مقدار پروتئین دانه کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نیز معلوم شد که بیش‌ترین تغییرات پروتئین طی مدت نگهداری مربوط به تیمار ۲ و کم‌ترین تغییرات مربوط به تیمار ۵ است. بنابراین، با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار به دلیل حفظ بیشترین مقدار پروتئین و کم‌ترین تغییرات، تیمار ۵ یعنی بسته نمونه‌های کینوای داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت خلأ است.

میانگین میزان چربی برای روز صفر ۳/۹۶ درصد به دست آمد. در مطالعات دیگر پژوهشگران، میزان چربی دانه کینوا را ۷/۴-۵/۵ درصد (Bock *et al.*, 2022)، و ۷ درصد (Filho *et al.*, 2017) تخمین زده شده است. طی مطالعه‌ای دیگر، میزان چربی خام چهار رقم بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا ۸۹، و ساجاما به ترتیب ۵/۵۱، ۵/۷۷، ۶/۸۵، و ۴/۶۹ درصد گزارش شده است (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011). میزان چربی دانه کینوا در پاره‌ای از مطالعات حدود ۹/۵ - ۱/۸ درصد است (Abugoch *et al.*, 2008; Ahamed *et al.*, 1998; Ando *et al.*, 2002; Koziol, 1992). نتایج این مطالعه نیز نشان می‌دهد که میزان چربی نمونه‌های روز صفر و تمام نمونه‌ها طی مدت نگهداری در دامنه کل اعداد بالا قرار دارد. طی مطالعه‌ای در شمال

تأثیر بسته‌بندی و مدت زمان نگهداری بر ویژگی‌های دانه پوست‌گیری شده کینوا

جدول ۷- مقایسه میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر چربی دانه کینوا

Table 7- Means comparison of the effect of treatment type and storage time on quinoa grain fat

تیمار Treatment					زمان نگهداری (ماه) Storage time (months)
T5	T4	T3	T2	T1	
3.96 aA	3.96 aB	3.96 aC	3.96 aD	3.96 aC	0
3.96 bA	3.96 bB	3.95 abC	3.92 aC	3.94 abC	3
3.95 bA	3.93 abAB	3.93 abC	3.90 aC	3.92 abC	6
3.94 cA	3.91 bcA	3.87 bB	3.80 aB	3.82 aB	9
3.93 cA	3.90 cA	3.80 bA	3.70 aA	3.77 bA	12

حروف متفاوت کوچک در هر سطر بیانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت تیمارهای مختلف در یک زمان، و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت هر تیمار در زمان‌های مختلف است.

بررسی اثر تیمار روی میزان کربوهیدرات طی مدت زمان نگهداری نشان می‌دهد که در پایان دوره نگهداری تمام تیمارها متفاوت هستند و هر یک در دسته‌ای جدا قرار گرفته‌است غیر از تیمارهای ۱ و ۳ که با هم در یک دسته هستند. بیشترین مقدار کربوهیدرات مربوط به تیمار ۲ (۷۳/۵۵ درصد) و کمترین مربوط به تیمار ۵ (۶۷/۶۶ درصد) است. بررسی تأثیر زمان نگهداری روی مقدار کربوهیدرات دانه کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نیز نشان داد که تمام تیمارها طی مدت نگهداری مقدار کربوهیدرات آنها متأثر از تغییرات ویژگی‌های دیگر تغییر کرده است زیرا مقدار کربوهیدرات طبق رابطه (۶) از اختلاف عددی ویژگی‌های دیگر از عدد ۱۰۰ به دست آمده است. به هر حال، بیشترین تغییرات کربوهیدرات طی مدت نگهداری مربوط به تیمار ۲ و کمترین تغییرات مربوط به تیمار ۵ است. بنابراین، با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار به دلیل حفظ بیشترین مقدار کربوهیدرات و کمترین تغییرات، تیمار ۵ یعنی بسته نمونه‌های کینوای داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت خلأ است.

جدول ۸- مقایسه میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر کربوهیدرات دانه کینوا

Table 8- Means comparison of the effect of treatment type and storage time on quinoa grain Carbohydrate

تیمار Treatment					زمان نگهداری (ماه) Storage time (months)
T5	T4	T3	T2	T1	
65.80 aA	65.80 aA	65.80 aA	65.80 aA	65.80 aA	0
65.80 aA	65.81 aA	65.87 aA	67.23 cB	66.21 bB	3
66.07 aB	66.15 aB	66.70 bB	69.88 dC	67.03 cC	6
66.66 aC	66.91 bC	67.95 cC	71.98 eD	68.25 dD	9
67.66 aD	68.20 bD	69.48 cD	73.55 dE	69.42 cE	12

حروف متفاوت کوچک در هر سطر بیانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت تیمارهای مختلف در یک زمان، و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت هر تیمار در زمان‌های مختلف است.

میزان pH در روز صفر برای نمونه‌های Q12 برابر با ۵/۲۳ به دست آمد. برای مقایسه بهتر، یادآور می‌شود مطابق آنچه در تجزیه شیمیایی پیرسون مواد غذایی<sup>۱</sup> گفته شده است آرد گندم دارای pH حدود ۶ تا ۶/۸ است (Egan et al., 2020). بیشترین تغییرات pH در نمونه‌های دارای بسته‌بندی معمولی و در میان آن‌ها بسته‌بندی نمونه‌ها در پارچه است. کمترین تغییرات pH در نمونه‌های بسته‌بندی شده تحت خلأ مشاهده شد. بسیاری از پژوهشگران از جمله کیارسی و همکاران (Kiarasi et al., 2020)، دلیل تغییرات pH با گذشت زمان را به تجزیه ترکیبات پروتئینی بر اثر باکتری‌ها نسبت داده‌اند. از آنجایی که ژنوتیپ Q12 دانه کینوا حدود ۱۲/۹۵ درصد پروتئین دارد، ممکن است این تغییرات را بتوان به تجزیه پروتئینی آن نسبت داد. دلیل افزایش pH نمونه‌ها در انتهای دوره نگهداری را نیز می‌توان مشابه نظر ساریکااوقلوا و تورهان (Saricaoglua & Turhan, 2019) دانست که آزادسازی متابولیت‌های پروتئینی و آمین‌های اساسی بر اثر فعالیت‌های میکروبی را دلیل افزایش pH نمونه‌های پروتئین‌دار در دوره نگهداری می‌دانند. علاوه بر مطالب بالا، یکی از دلایل اهمیت بررسی pH در دانه کینوا موضوع ارتباط بین انحلال‌پذیری آرد آن و pH است که

موضوع مهمی در فرآوری کینوا محسوب می‌شود. در بررسی ارتباط بین انحلال‌پذیری آرد دانه کینوا و pH معلوم شد که مقدار انحلال‌پذیری آرد کینوا حدود ۵۲-۱۵ درصد است که کمترین انحلال‌پذیری در pH برابر ۶ و بیشترین انحلال‌پذیری در pH برابر ۱۰ به دست می‌آید (Oshodi et al., 1999). انحلال‌پذیری آرد کینوا در ناحیه pH اسیدی حاکی از این است که پروتئین‌ها می‌توانند در فرمولاسیون نوشیدنی‌ها، سوپ‌ها و سس‌های خشک و غذاهای کم اسید مفید باشند. مقایسه میانگین‌ها برای بررسی تاثیر عامل‌های تیمار و زمان نگهداری بر ویژگی مقدار pH در جدول ۹ نشان داده شده است. بررسی اثر تیمار روی میزان pH در دوره نگهداری نشان می‌دهد که در پایان این دوره بیشترین مقدار pH (۵/۳۰) مربوط به تیمار ۳ و کمترین آن (۵/۲۰) مربوط به تیمارهای ۴ و ۵ است. بررسی تاثیر زمان نگهداری بر مقدار pH دانه کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نیز نشان داد که pH تیمارهای ۱ و ۲ تا زمان ششم تغییر معنی‌داری ندارد. از ماه نهم نگهداری به بعد هم اختلاف معنی‌داری برای این دو تیمار مشاهده نمی‌شود. برای تیمارهای ۴ و ۵، نوسان تغییرات کم‌تر است.

جدول ۹- مقایسه میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر pH دانه کینوا

Table 9- Means comparison of the effect of treatment type and storage time on quinoa grain pH

تیمار Treatment					زمان نگهداری (ماه) Storage time (months)
T5	T4	T3	T2	T1	
5.23 aB	5.23 aC	5.23 aC	5.23 aC	5.23 aC	0
5.23 cB	5.21 cBC	5.21 cC	5.07 aB	5.15 bB	3
5.20 bAB	5.17 bA	5.01 aA	5.01 aA	5.02 aA	6
5.19 bA	5.19 bAB	5.11 aB	5.25 cCD	5.24 cC	9
5.20 aAB	5.20 aABC	5.30 cD	5.28 bcD	5.25 bC	12

حروف متفاوت کوچک در هر سطر بیانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت تیمارهای مختلف در یک زمان، و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشانگر معناداربودن ( $p < 0.05$ ) تفاوت هر تیمار در زمان‌های مختلف است.

<sup>1</sup> Pearson's Chemical Analysis of Foods

### نتیجه‌گیری

این که معنی‌دار نبودن تمام صفات در بررسی اختلاف آماری تیمارها نشانگر ضرورت بسته‌بندی است، ممکن است در نگهداری طولانی‌مدت نمونه‌ها برای مدت بیش از یک سال، تفاوت معنی‌دارتری بین تیمارها مشاهده شود که برای پژوهش‌های بعدی پیشنهاد می‌شود. در جمع‌بندی کلی می‌توان گفت طی مدت یک سال نگهداری، نتایج نمونه‌های بسته‌بندی شده در ترکیبی از پارچه و فیلم به‌روش خلأ، با اختلاف کمی نسبت به دیگر تیمارها، به اعداد روز صفر نزدیک‌تر بوده است.

نتایج شاخص‌های اندازه‌گیری شده طی مدت یک سال نگهداری نشان داد که استفاده از بسته‌بندی به‌طور عام و استفاده از بسته‌بندی با خلأ به‌طور خاص، در حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی دانه کینوا با سطح اطمینان ۹۵ درصد موثر است. هر دو نوع فیلم بسته‌بندی پلی‌اتیلن سبک و ترکیبی از پلی‌اتیلن و پارچه، در هر دو روش بسته‌بندی معمولی و تحت خلأ در حفظ ویژگی‌های کیفی دانه‌های کینوا، نسبت به شاهد (بسته‌بندی معمولی دانه کینوا در پارچه)، با احتمال خطای ۰/۰۵ ( $p < 0.05$ ) موثر بودند. با

### سپاسگزاری

از کمک بدون چشمداشت و فداکارانه جناب آقای مهندس سعید سلیمی، تولیدکننده و تعمیرکار دستگاه‌های بسته‌بندی از جمله دستگاه بسته‌بندی تحت خلأ در سعیدآباد شهریار استان تهران قدردانی می‌شود. علاوه بر این، بخشی از آزمایش‌های این پژوهش در آزمایشگاه صنایع غذایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی انجام شده است که بدین‌وسیله از کارشناس وقت آزمایشگاه سپاسگزاری می‌شود.

### تعارض منافع

در خصوص انتشار مقاله حاضر، نویسندگان اعلام می‌کنند که از سوء اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها، و ارسال و انتشار دوگانه پرهیز کرده‌اند و در این راستا، منافع تجاری وجود ندارد.

### منابع

- Abugoch, L., Romero, N., Tapia, C., Silva, J., and Rivera, M. 2008. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 4745–4750.
- Ando, H., Chen, Y., Tang, H., Shimizu, M., Watanabe, K., and Miysunaga, T. 2002. Food components in fractions of quinoa seed. *Food Science and Technology Research*, 8(1): 80–84.
- Angeli, V., Silva, P.M., Massuela, D.C., Waleed Khan, M., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Honninger, S., and Piatti, C. 2020. Quinoa: an overview of the potentials of the "golden grain" and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, 9, 216, 31 pages.
- Ahamed, N.T., Rekha, S., singhal, P.R.K., and mohinder, P. 1998. A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: review of the chemical composition of its edible parts. *Food and Nutrition Bulletin*, 19: 61–70.
- Anon. 2005. Method 923.03. In: *Official methods of analysis*, 18th Edition, AOAC International Publisher, Gaithersburg.
- Anon. 2009. Soxhlet extraction method. EPA 3540C, Administrative Record, O-SOXHLET-Rev7, pages 19196-19206.

- Anon. 2021. Quinoa seed hulling machine. <http://www.grain-processing.org/PRODUCTS/Single-Machine-for-Grain-Processing/quinoa-hulling-machine.html>
- Anon, 2024. Box compression tester: ensuring optimal packaging quality and durability. [https://www.linkedin.com/pulse/box-compression-tester-ensuring-optimal-packaging-pacorr-izgbc?trk=public\\_post\\_main-feed-card\\_feed-article-content](https://www.linkedin.com/pulse/box-compression-tester-ensuring-optimal-packaging-pacorr-izgbc?trk=public_post_main-feed-card_feed-article-content)
- Atef, A.A., El-Faham, S.Y., and Wafaa, H.E. 2014. Use of quinoa meal to produce bakery products to celiac and autism stuffs. International Journal of Science and Research. 3 (9): 1344-1354.
- Bagheri, M. 2020. Evaluation of compatibility and stability of selected quinoa genotypes in autumn cultivation areas. The final report of the research project No. 58407 dated 1399/8/5. Ministry of Jihad Agriculture, Agricultural Research Education and Extension Organization, Seed and Plant Breeding Research Institute. (in Persian)
- Bakhtavar, M.A., and Afzal, I. 2020. Climate smart dry chain technology for safe storage of quinoa seeds. Scientific Reports, 10: 12554. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69190-w>.
- Bock, P.D., Gerda Cnops, G., Muylle, H., Quataert, P., Eeckhout, M., and Bockstaele, F.V. 2022. Physicochemical characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties grown in North-west Europe-Part II. Plants, 11(3): 265.
- Brady, K., Ho, C-T., Rosen, R.T., Sanga, S., and Karwe, M.V. 2007. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. Food Chemistry, 100 (3): 1209–1216.
- Dallagnol, A.M., Pescuma, M., De Valdez, G.F., and Rollán, G. 2013. Fermentation of quinoa and wheat slurries by *Lactobacillus plantarum* CRL 778: proteolytic activity. Applied Microbiology and Biotechnology, 97: 3129-3140.
- D'ambrosio, T., Amodio, M.L., Pastore, D., De Santis, G., and Colelli, G. 2017. Chemical, physical and sensorial characterization of fresh quinoa sprouts (*Chenopodium quinoa* Willd.) and effects of modified atmosphere packaging on quality during cold storage. Food Packaging and Shelf Life, 14, Part A, 52-58.
- Egan, H., Kirk, R.S., and Sawyer, R. 2020. Pearson's chemical analysis of foods. 8th Edition. Published by Churchill Livingstone.
- Filho, A.M.M., Pirozi, M.R., Borges, J.T.S., Sant'Ana, H.M.P., Chaves, J.B.P., and Coimbra, J.S.D.R. 2017. Quinoa: Nutritional, functional and antinutritional aspects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(8): 1618-1630, DOI: 10.1080/10408398.2014.1001811.
- Hassoon, W.H., and Dziki, D. 2018. The effect of seed moisture and temperature on grinding characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). BIO Web of Conferences, 10, 01006.
- Hirich, A., Rafik, S., Rahmani, M., Fetouab, A., Azaykou, F., Filali, K., Ahmadzai, H., Jnaoui, Y., Soulaïmani, A., Moussafir, M., Gharous, M.E., Karboune, S., Sbai, A., and Chukr-Allah, R. 2021. Development of quinoa value chain to improve food and nutritional security in rural communities in Rehamna, Morocco: lessons learned and perspectives. Plants, 10: 301, 26 pages.
- Jyoti, M.R., and Sarojani, JK. 2018. Evaluation of millet composite flour. The Pharma Innovation Journal, 7(7): 946-949.
- Kiarsi, Z., Hojjati, M., Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M. 2020. In vitro antimicrobial effects of *Myristica fragrans* essential oil on foodborne pathogens and its influence on beef quality during refrigerated storage. Journal of Food Safety, 40(3): 1-14.
- Kibar, H., Sönmez, F., and Temel, S. 2021. Effect of storage conditions on nutritional quality and color characteristics of quinoa varieties. Journal of Stored Products Research, 91: pp. 101761.
- Kozioł, M. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Food Composition and Analysis, 5: 35–68.
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., López, J., Parada, G., Sanders, M., Aranda, M., Uribe, E., and Di Scala, K. 2010. Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). Industrial Crops and Products, 32 (3): 258-263.

- Oshodi, A., Ogungbenle, H., and Oladimeji, M. 1999. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed, pearl millet and quinoa flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 50, 325–331.
- Padmashree, A., Negi, N., Haridas, S., Govindaraj, T., Raghavan, K., Kumar, A., Semwal, A.D., and Sharma, G.K. 2018. Development and Quality Evaluation of Choco Quinoa Nutri Bar during Storage. *Food and Nutrition Sciences*, 9 (7), 899-914. DOI: 10.4236/fns.2018.97067.
- Quiroga Ledezma, C.C., Escalera, R., Aroni, G., Bonifacio, A., Gonzalez, J.A., Vilica, M., Saravia, R., and Riiz, A. 2015. Traditional processes and technological innovations in quinoa harvesting, processing and industrialization, in book: State of the art report on quinoa around the world in 2013, Editors: D. Bazile, D. Bertero, C. Nieto. Publisher: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).
- Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., Glaser, B.K., Lorenz, K.J., and Johnson, D.L. 1993. Composition and protein nutritional quality of quinoa. *Cereal Chemistry*, 70: 303–305.
- Repo-Carrasco-Valencia, R.A-M., & Serna, L.A. 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Food Science and Technology (Campinas)*, 31(1): 225-230. DOI: 10.1590/S0101-20612011000100035.
- Saricaoglua, F.T., and Turhan, S. 2019. Performance of mechanically deboned chicken meat protein coatings containing thyme or clove essential oil for storage quality improvement of beef sucuks. *Meat Science*, 158, 1-8.
- Wang, S., and Zhu, F. 2016. Formulation and Quality Attributes of Quinoa Food Products. *Food and Bioprocess Technology*, 9 (1): 49–68.
- Wu, L.G., Wang, A., Shen, R., and Qu, L. 2020. The effect of slight milling on nutritional composition and morphology of quinoa (*Chenopodium*) grain. *International Journal of Food Engineering*, 16 (11): 20190371. DOI: 10.1515/ijfe-2019-0371
- Youdim, K., Martin, A., and Joseph, J. 2000. Essential fatty acids and the brain: Possible health implications. *International Journal of Developmental Neuroscience*. 18(4–5): 383–399.

*Original Research*

## The effect of Packaging and storage time on the characteristics of husking quinoa grain

Behjat Tajeddin\*, Mahmood Bagheri

\*Corresponding Author: Agricultural Engineering Research Institute (AERI)- Agricultural, Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Email: behjat.tajeddin@yahoo.com

Received: 6 June 2024 Accepted: 21 November 2024

[http://doi: 10.22092/FOODER.2024.366324.1397](http://doi.org/10.22092/FOODER.2024.366324.1397)

### Abstract

Quinoa is a pseudocereal and a good source of minerals, vitamins, polyphenolic compounds, phytosterols and flavonoids. Unfavorable storage and packaging conditions for quinoa decreases its quality. The purpose of this study is to evaluate the physicochemical characteristics of quinoa during its packaging and storage time. For this purpose, the husking Q12-genotype quinoa were packed inside three type of packaging material including low-density-polyethylene (LDPE), textile, and LDPE + textile and stored at 5°C for one year using normal and vacuum packaging and its quantitative and qualitative parameters were evaluated. After about 3-4 months of storage, the packages under vacuum gradually lost the vacuum state. Among the vacuum packages, the samples of the LDPE + textile lost the vacuum about one month later than the LDPE film. Measured indicators results showed that with the probability of error less than 0.05 ( $p < 0.05$ ), the use of vacuum packaging, was effective in protection of the quantitative and qualitative characteristics of quinoa grains. Both types of packaging material type i.e. polyethylene film and LDPE+textile in both types of normal and vacuum packaging with a confidence level of 95% were effective in the prevention of the quinoa quality, compared to the control (normal packaging of samples inside textile). The non-significance of all treatments shows the necessity of packaging, which has been able to reduce the difference between treatments. Among all the treatments during one year of storage time, the data of samples under vacuum packed in LDPE+textile were closer to the data of zero-day.

**Keywords:** Husking, Q12 genotype, Quinoa, Packaging, Storage time.

