تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲۵ / شماره ۷۷/ پاییز و زمستان /۱۴۰۳/ ص ۱۴۴ - ۱۲۹

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

تاثیر بسته‌بندی و مدت زمان نگهداری بر ویژگی‌های دانهٔ پوست‌گیری شدهٔ کینوا

بهجت تاج‌الدین[۱] * و محمود باقری[۲]

۱* عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- کرج- ایران.

۲ 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 موادمعدنی، ویتامین‌ها، ترکیبات پلی‌فنلی، فیتوسترول‌ها و فلاوونوئیدها است. قرار گرفتن آن در شرایط نامساعد نگهداری، منجر به افت کیفیت و زیان اقتصادی می‌شود. هدف از این مطالعه، ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانهٔ کینوا طی مدت بسته‌بندی و نگهداری آن است. بدین منظور، دانهٔ پوست‌گیری‌شدهٔ ژنوتیپ Q12 کینوا داخل سه نوع مادهٔ بسته‌بندی شامل پارچه، پلاستیک (فیلم پلی‌اتیلن سبک)، و ترکیبی از پارچه و پلاستیک به دو روش معمولی و تحت‌خلأ بسته‌بندی و در دمای حدود ۵°C به‌مدت یک سال نگهداری و فراسنجه‌های کمی و کیفی آن‌ها بررسی شد. پس از حدود ٤-۳ ماه نگهداری، بسته‌های تحت‌خلأ به‌تدریج 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 تحت‌خلأ به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) در حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی دانهٔ کینوا موثر است. هر دو نوع مواد بسته‌بندی پلی‌اتیلن، و ترکیبی از پلی‌اتیلن و پارچه، در هر دو روش بسته‌بندی معمولی و تحت‌خلأ 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 همهٔ 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 خانوادهٔ تاج‌خروسیان یا آمارانتاسه و زیرخانوادهٔ 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 خانوادهٔ 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 معمولا 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).

نویسنده مسئول: **Email:** b.tajeddin@areeo.ac.ir

http://doi: 10.22092/FOODER.2024.366324.1397

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

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

از سوی دیگر، دانهٔ کینوا فاقد گلوتن است و به‌دلیل داشتن خواص عملگرایی متنوع، ویژگی‌های منحصر به‌فرد دارد و برای مصرف بیماران سلیاکی و کسانی که به گلوتن گندم حساسیت دارند، مناسب است. کینوا به‌دلیل 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 به‌عنوان سال بین‌المللی کینوا برای افزایش سلامت تغذیهٔ انسان و امنیت غذایی اعلام کرد (Anon, 2021; Wu *et al*., 2020).

طی سال‌های اخیر، طیف گسترده‌ای از محصولات غذایی ازجمله نان، ماکارونی، کوکی، کلوچه، نوشیدنی، غذای کودک، غلات صبحانه، اسنک، فیلم‌های خوراکی و تثبیت کننده‌های امولسیونی 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 (۶۹-۳۲گرم در ۱۰۰گرم) با مقدار قابل توجهی نشاسته مقاوم و فیبر غذایی (۷/۰-۷/۱۱گرم در ۱۰۰گرم) تشکیل شده است (Bock *et al*., 2022). کربوهیدرات‌های کینوا ممکن است به‌عنوان 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 تقریبا غیرقابل هضم و نوعی کربوهیدرات است و عمدتا در لایه‌های بیرونی گیاهان پیدا می‌شود، به میزان قابل توجهی در کینوا وجود دارد. دانه‌های کینوا سرشار از پروتئین و اسیدهای آمینهٔ ضروری است و دارای ترکیب آمینواسیدی متعادل با سطوح بالای لیزین، ترئونین، و متیونین است که در غلات به‌ندرت دیده می‌شود (Hassoon & Dziki, 2018). آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها بخش اصلی میزان پروتئین کل (۷ تا ۲۳گرم در ۱۰۰گرم) 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 ۷/۴گرم چربی در ۱۰۰گرم دارد که بیشتر از مقداری است که در گندم، ذرت و برنج دیده می‌شود (Bock *et al*., 2022). پروفایل اسیدهای چرب دانهٔ 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، دانهٔ کینوا از سه قسمت اصلی پریسپرم[1]، امبریو یا جوانه[2]، و پریکارپ یا پوسته بذر[3] تشکیل

[1] Perisperm

2 The embryo or germ
3 Pericarp or seed hull

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 به‌دلیل 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، دانهٔ 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). متاسفانه کار پژوهشی زیادی روی بسته بندی دانهٔ کینوای آمادهٔ مصرف نشده است و اطلاعات بیشتر به‌صورت گزارش‌های پراکندهٔ محدود تجاری وجود دارد که به برخی از آن‌ها در زیر اشاره می‌شود.

یکپارچگی بسته‌بندی[1] برای کینوا بسیار مهم است زیرا کینوا شکننده و مستعد خردشدن 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. به‌دلیل چالش‌های زنجیرهٔ 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[2] در فیلم‌های پلی‌پروپیلن (PP، ۷۵ میکرون) و پلی‌استر متالیزشده (۱۲ میکرون) با چگالی کم‌چگالی بالا (MP، ۱۰۰ میکرون)[3] (با/ بدون خلأ) بسته‌بندی و در شرایط دمای محیط و دمای ۳۷ درجهٔ سلسیوس برای ارزیابی ماندگاری نگهداری شدند. تغییرات شیمیایی در نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۳۷ درجهٔ سلسیوس به‌طور قابل توجهی ($p<0.05$) بیشتر مشاهده شده است تا در نمونه‌های ذخیره شده در شرایط محیطی (۳۴-۱۵ درجهٔ سلسیوس). سختی[4] 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[5]) 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

[1] Packaging Integrity
[2] Choco quinoa nutri bar
[3] Metallised polyester (12 µ) low density—high density (MP, 100 µ)
[4] Hardness
[5] Box Compression Tester

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

با اتخاذ فناوری زنجیرهٔ 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 ۲۰درصد CO_2 و ۵درصد O_2 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 ۲۰درصد CO_2 و ۵درصد O_2 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 توسعهٔ بسته‌بندی دانه کینوا و برچسب‌گذاری درست آن توجه شود از جمله به‌طور مشخص ویژگی‌های بسته‌بندی مانند نوع مادهٔ بسته‌بندی، روش بسته‌بندی و نگهداری کینوا بهبود یابد. از آنجا که نتایج مطالعات پژوهشی روی بسته‌بندی دانهٔ خشک‌شدهٔ پوست‌گیری‌شدهٔ کینوا وجود ندارد، مطالعه حاضر، برای اولین بار به تاثیر نوع مادهٔ بسته‌بندی و روش بسته‌بندی روی کیفیت دانهٔ کینوا طی مدت نگهداری یک‌ساله در دمای سرد یخچال (حدود ۴-۳ درجهٔ سلسیوس) می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

مواد

علاوه بر فیلم پلی‌اتیلن سبک (پلی‌اتیلن با دانسیتهٔ پایین) و پارچه متقال، ژنوتیپ Q12 دانهٔ کینوا از سردخانهٔ بخش تحقیقات سبزی و صیفی موسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مجهز به کنترل دما و تهویه، با رطوبت نسبی محیط و دمای نگهداری ۵/۵ درجهٔ سلسیوس تهیه شد. ژنوتیپ Q12، متوسطرس است و دورهٔ رسیدگی ۱۱۵روز در کشت تابستانه و ۱۲۵روز در کشت بهاره دارد. وزن هزاردانهٔ آن حدود ۴/۲ گرم است. ارتفاع بوته متوسط و حدود ۱۳۵سانتی‌متر 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 دانهٔ کینوا با ماشین پوست‌گیری سایشی مدل .INNOVA SRL ساخت اتریش پوست‌گیری شد. مقدار ۵ ± ۱۰۰گرم از نمونه‌های بالا داخل سه نوع مادهٔ بسته‌بندی شامل فیلم پلی‌اتیلن سبک به ضخامت ۶۵میکرومتر، پارچه متقال سفید به‌ضخامت ۱۹۹میکرومتر، و ترکیبی از هر دو قرار داده شد و بسته‌ها به‌روش معمولی بسته‌بندی شدند. نمونه‌های توزین شدهٔ دانهٔ 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 ۹۹درصد)، و کلیدهای تنظیم میزان خلأ (۱۵ثانیه)، دوخت بسته (۱/۵ ثانیه)، و میزان هوای ملایم[1] برابر ۵ ثانیه بسته‌بندی شدند.

[1] Soft air

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

درصد پوست‌گیری دانهٔ کینوا از رابطهٔ (۱) تعیین شد.

(۱) درصد پوست‌گیری = $(M_1 - M_2) \times ۱۰۰ / M_1$

M_1= وزن نمونه قبل از پوست‌گیری

M_2= وزن نمونه پس از پوست‌گیری

رطوبت با استفاده از توزین نمونه‌ها و تغییرات وزنی آن‌ها پس از گرمخانه‌گذاری در دمای ۵ ± ۱۰۵ ^{O}C تعیین و از رابطهٔ (۲) محاسبه شد (Anon, 2005).

(۲) درصد رطوبت = $(M_1 - M_2) \times ۱۰۰ / M_0$

M_0= وزن نمونه داخل پلیت

M_1= وزن پلیت و نمونه

M_2= وزن پلیت و نمونه پس از گرمخانه‌گذاری

برای تعیین خاکستر، نمونهٔ آسیاب شدهٔ دانهٔ کینوا در کوره مدل هرائوس ساخت آلمان قرار داده شد تا کلیهٔ مواد آلی آن اکسید شود. مواد معدنی باقی‌مانده، معرف خاکستر هستند که مقدار آن پس از وزن‌کردن از رابطهٔ (۳) به‌دست آمد (Anon, 2005).

(۳) درصد خاکستر = [(وزن بوته خالی)- (وزن بوته و نمونه)] /۱۰۰× [(وزن بوته خالی)- (وزن بوته و خاکستر)]

فیبر خام[1] نیز از رابطهٔ (۴) تعیین شد (Anon, 2005).

(۴) درصد فیبر خام = $M_1 \times ۱۰۰ / M_0$

M_0= وزن اولیه نمونهٔ آسیاب شدهٔ دانهٔ کینوا

M_1= وزن مادهٔ باقی‌مانده روی کاغذ صافی پس از دو مرحله جوشاندن با اسید سولفوریک و هیدروکسید سدیم

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

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

۵) درصدچربی = $M_1 \times ۱۰۰ / M_0$

M_0= وزن اولیهٔ نمونه

M_1= وزن مادهٔ باقی‌مانده پس از تبخیر کامل حلال

مقدار کربوهیدرات دانهٔ کینوا از رابطهٔ (۶) محاسبه شد (Jyoti & Sarojani, 2018):

(۶)

درصدکربوهیدرات = ۱۰۰−(رطوبت+چربی+پروتئین+خاکستر+فیبرخام)

pH نمونه‌های کینوا، با دستگاه pH متر (مدل Metrohm-691، ساخت سوئیس) در دمای ۲۰ درجهٔ 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 مادهٔ بسته‌بندی در سه سطح فیلم پلی‌اتیلن (PE)، پارچه (TEX)، و فیلم پلی‌اتیلن + پارچه (PE+TEX)؛ روش بسته‌بندی در دو سطح معمولی (N) و تحت‌خلأ (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).

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

[1] Crude fiber

جدول ۱- تیمارهای آزمایشی

Table 1- Experimental Treatments

تیمار Treatment	نوع بسته‌بندی Packaging Type	زمان نگهداری (ماه) 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 دانهٔ کینوا بلافاصله پس از پوست‌گیری (داده‌های روز صفر)

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

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

به‌دلیل رساندن درصد پوست‌گیری به دامنهٔ درصد پوست‌گیری ذکر شده در منابع، که آن نیز به‌دلیل حصول اطمینان از کاهش مقدار ساپونین است (Bagheri, 2020)، پس از دو بار پوست‌گیری دانهٔ کینوا با دستگاه پوست‌گیری سایشی، درصد پوست‌گیری محاسبه شد. درصد پوست-گیری، عامل مهمی در کیفیت کاربردی کینوا است. هر چه مقدار آن بیشتر باشد، دانهٔ 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 ۱۲/۳۳درصد به‌دست آمد. بررسی اثر تیمار طی زمان نگهداری (جدول ۳) نشان می‌دهد که در پایان دوره بیشترین مقدار رطوبت مربوط به تیمار ۵ (۱۱/۶۸درصد) و کمترین آن مربوط به تیمار ۲ (۷/۹۲درصد) است ($p<0.05$). در بررسی تاثیر زمان نگهداری روی رطوبت دانهٔ 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 دانهٔ کینوا طی مدت نگهداری، با اطمینان ۹۵درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار به‌دلیل حفظ بیشترین رطوبت، تیمار ۵ یعنی بستهٔ نمونه‌های کینوای ژنوتیپ Q12 داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت خلأ است.

در چهار رقم کینوا به نام‌های بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا۸۹، و ساجاما میزان رطوبت به‌ترتیب ۱۱/۳۹، ۱۰/۷۸، ۱۲/۰۳، و ۱۲/۶۲درصد گزارش شده است (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011). میزان تغییرات رطوبت دانهٔ کینوا طی حدود یک سال نگهداری، تقریبا 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 درجهٔ سلسیوس) روی ترکیبات

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر رطوبت دانهٔ کینوا

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

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

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 همهٔ 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 درجهٔ 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 جوانهٔ آن تهیه شود) متغیر است. نتایج این مطالعه نشان داد که در کلیهٔ نمونه‌ها، خاکستر دانهٔ کینوای آسیاب شده با درجهٔ 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 دانهٔ کینوا ۲/۷درصد (Filho *et al.*, 2017) و به‌طور مشخص برای چهار رقم بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا۸۹، و ساجاما به‌ترتیب ۳/۳۸، ۳/۵۲، ۵/۴۶، و ۳/۰۴درصد (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011) بوده است. در مطالعهٔ 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 همهٔ دماهای نگهداری (۴، ۱۰ و ۲۵ درجهٔ 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 احتمالا به‌دلیل نفوذ هوا به داخل بسته‌ها و از بین رفتن خلأ در آن‌هاست. مقایسهٔ میانگین‌ها برای بررسی تاثیر 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 (۲/۲۹درصد) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۲ (۱/۵۴درصد) است. علاوه بر این، در بررسی تاثیر زمان

نگهداری روی مقدار خاکستر دانهٔ کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه معلوم شد که برای تمام تیمارها، میزان خاکستر در دورهٔ 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 بستهٔ نمونه‌های کینوای داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت خلأ است.

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر مقدار خاکستر دانهٔ کینوا

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

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

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 ردهٔ غلات سبوس‌دار قرار می‌گیرد. غلات سبوس‌دار یا غلات کامل، گروه غذایی سالم و سرشار از فیبر هستند که در رفع فیبر مورد نیاز روزانهٔ انسان موثر هستند. غلات کامل، با حداقل فرآوری تهیه می‌شوند و شامل سه قسمت لایهٔ درونی گیاهک یا جوانه[1]، لایهٔ میانی آندوسپرم و لایهٔ بیرونی سبوس[2] هستند. سبوس، بخشی از دانه است که بیشترین میزان فیبر را در بر دارد. در مطالعهٔ 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 ۲/۰۶درصد به‌دست آمد. در مطالعه‌ای (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011)، مقدار فیبر خام چهار رقم کینوا مشتمل بر بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا۸۹، و ساجاما را بر حسب گرم در ۱۰۰گرم مادهٔ خشک به‌ترتیب 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 دانهٔ کینوا حدود ۹/۷-۷درصد گزارش کرده‌اند. برای بررسی تاثیر عامل‌های تیمار و زمان نگهداری بر مقدار فیبر، مقایسهٔ میانگین‌های آن‌ها در جدول ۵ خلاصه شد. بررسی اثر تیمار روی میزان فیبر خام طی مدت زمان نگهداری نشان می‌دهد که در پایان دورهٔ نگهداری، غیر از تیمار ۲ که در دستهٔ جدایی قرار دارد، اختلاف معنی‌داری بین دیگر تیمارها وجود ندارد. در بررسی تاثیر زمان نگهداری روی مقدار فیبر خام دانهٔ 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،

[1] Germ
[2] Bran

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

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر فیبر خام دانهٔ کینوا

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

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

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 ٦- مقایسهٔ میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر پروتئین دانهٔ کینوا

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

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

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 ۱۲/۹۵درصد به‌دست آمد. در برخی مطالعات (Abugoch *et al*., 2008; Ahamed *et al*., 1998; Ando *et al*., 2002; Koziol, 1992) مقدار پروتئین دانهٔ کینوا حدود ۲۳-۱۲درصد بیان شده است. در یکی از پژوهش‌ها (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011)، مقدار پروتئین چهار رقم کینوا شامل بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا۸۹، و ساجاما به‌ترتیب ۱۳/۹۶، ۱۵/۱۷، ۱۵/۴۷، و ۱۴/۵۳درصد 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 مادهٔ 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 درجهٔ سلسیوس، با افزایش مدت زمان نگهداری میزان پروتئین در همهٔ دماها کاهش می‌یابد (Kibar *et al*., 2021). به‌هر حال، برای نمونه‌های تحت‌خلأ این تغییرات به‌ویژه تا ماه ششم نگهداری خیلی کمتر است.

تغییرات در ماه‌های آخر بیشتر است که احتمالا به‌دلیل نفوذ هوا به داخل بسته‌ها و از بین رفتن خلأ آن‌هاست. برای بررسی تاثیر عامل‌های تیمار و زمان نگهداری بر مقدار پروتئین، مقایسهٔ میانگین‌های آن‌ها در جدول ۶ آمده است. بررسی اثر تیمار روی میزان پروتئین طی مدت زمان نگهداری نشان می‌دهد که در پایان دورهٔ نگهداری، تیمارها با هم متفاوت‌اند و هر یک در دستهٔ جداگانه‌ای قرار دارند. با این حال، بیش‌ترین مقدار پروتئین مربوط به تیمار ۵ (۱۲/۴۹درصد) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۲ (۱۱/۶۹درصد) است. در بررسی تاثیر زمان نگهداری روی مقدار پروتئین دانهٔ 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 ۹۵درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار به‌دلیل حفظ بیشترین مقدار پروتئین و کم‌ترین تغییرات، تیمار ۵ یعنی بستهٔ نمونه‌های کینوای داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت‌خلأ است

میانگین میزان چربی برای روز صفر ۳/۹۶درصد به‌دست آمد. در مطالعات دیگر پژوهشگران، میزان چربی دانهٔ کینوا را ۷/۴-۵/۵درصد (Bock *et al.*, 2022)، و ۷درصد (Filho *et al.*, 2017) تخمین زده شده است. طی مطالعه‌ای دیگر، میزان چربی خام چهار رقم بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا۸۹، و ساجاما به‌ترتیب ۵/۵۱، ۵/۷۷، ۶/۸۵، و ۴/۶۹درصد گزارش شده است (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011). میزان چربی دانهٔ کینوا در پاره‌ای از مطالعات حدود ۹/۵ - ۱/۸درصد است (Abugoch *et al.*, 2008; Ahamed *et al.*, 1998; Ando *et al.*, 2002; Koziol, 1992). نتایج این مطاله نیز نشان می‌دهد که میزان چربی نمونه‌های روز صفر و تمام نمونه‌ها طی مدت نگهداری در دامنهٔ کل اعداد بالا قرار دارد. طی مطالعه‌ای در شمال غربی اروپا، میزان چربی ۱۳ رقم کینوا در سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۹، از ۵/۵۴ تا ۷/۴۲گرم در ۱۰۰گرم مادهٔ 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 (۳/۹۴درصد) و کم‌ترین مربوط به تیمار ۲ (۳/۸۰درصد) است. بررسی تاثیر زمان نگهداری روی مقدار چربی دانهٔ 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 ۹۵درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار به‌دلیل حفظ بیشترین مقدار پروتئین و کم‌ترین تغییرات، تیمار ۵ یعنی بستهٔ نمونه‌های کینوای داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت خلأ است.

مقدار کربوهیدرات دانهٔ کینوا در روز صفر عدد ۶۸/۸۰ درصد را نشان می‌دهد. میزان کربوهیدرات در چهار رقم بلانکادجولی، کانکولا، لامولینا۸۹، و ساجاما کینوا به‌ترتیب ۷۵/۱۵، ۷۲/۴۷، ۶۸/۸۴، و ۷۵/۸۲درصد گزارش شده است (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011). میراندا و همکاران (Miranda *et al.*, 2010) نیز میزان کربوهیدرات کینوا را بین ۳۲ تا ۶۹/۲درصد دانسته‌اند. فیلهو و همکاران(Filho *et al.*, 2017) این عدد را ۷۴درصد گزارش کرده‌اند. میزان کربوهیدرات در این مطالعه، با میزان کربوهیدرات ذکر شده در گزاش‌های دیگر پژوهشگران همخوانی دارد. مقایسه میانگین‌های تاثیر عامل‌های تیمار و زمان نگهداری بر مقدار کربوهیدرات در جدول ۸ نشان داده شده است. .

جدول ۷- مقایسهٔ میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر چربی دانهٔ کینوا

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

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

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 دورهٔ 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 (۷۳/۵۵درصد) و کم‌ترین مربوط به تیمار ۵ (۶۷/۶۶درصد) است. بررسی تاثیر زمان نگهداری روی مقدار کربوهیدرات دانهٔ کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نیز نشان داد که تمام تیمارها طی مدت نگهداری مقدار کربوهیدرات آنها متاثر از تغییرات ویژگی‌های دیگر تغییر کرده است زیرا مقدار کربوهیدرات طبق رابطهٔ (۶) از اختلاف عددی ویژگی‌های دیگر از عدد ۱۰۰ به‌دست آمده است. به‌هر حال، بیشترین تغییرات کربوهیدرات طی مدت نگهداری مربوط به تیمار ۲ و کمترین تغییرات مربوط به تیمار ۵ است. بنابراین، با اطمینان ۹۵درصد می‌توان گفت که بهترین تیمار به‌دلیل حفظ بیشترین مقدار کربوهیدرات و کمترین تغییرات، تیمار ۵ یعنی بستهٔ نمونه‌های کینوای داخل پارچه و فیلم پلی‌اتیلن تحت خلأ است.

جدول ۸- مقایسهٔ میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر کربوهیدرات دانهٔ کینوا

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

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

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 به‌دست آمد. برای مقایسهٔ بهتر، یادآور می‌شود مطابق آنچه در تجزیهٔ شیمیایی پیرسون مواد غذایی[1] 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 (Kiarsi *et al.*, 2020)، دلیل تغییرات pH با گذشت زمان را به تجزیهٔ ترکیبات پروتئینی بر اثر باکتری‌ها نسبت داده‌اند. از آنجایی که ژنوتیپ Q12 دانهٔ کینوا حدود ۱۲/۹۵درصد پروتئین دارد، ممکن است این تغییرات را بتوان به تجزیهٔ پروتئینی آن نسبت داد. دلیل افزایش pH نمونه‌ها در انتهای دورهٔ 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 دورهٔ نگهداری می‌دانند. علاوه بر مطالب بالا، یکی از دلایل اهمیت بررسی pH در دانهٔ کینوا موضوع ارتباط بین انحلال‌پذیری آرد آن و pH است که موضوع مهمی در فرآوری کینوا محسوب می‌شود. در بررسی ارتباط بین انحلال‌پذیری آرد دانهٔ کینوا و pH معلوم شد که مقدار انحلال‌پذیری آرد کینوا حدود ۵۲-۱۵ درصد است که کمترین انحلال‌پذیری در pH برابر ۶ و بیش‌ترین انحلال-پذیری در pH برابر ۱۰ به‌دست 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. مقایسهٔ 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 دورهٔ 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 دانهٔ کینوا برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه نیز نشان داد که pH تیمارهای ۱ و ۲ تا زمان ششم تغییر معنی-داری ندارد. از ماه نهم نگهداری به بعد هم اختلاف معنی-داری برای این دوتیمار مشاهده نمی‌شود. برای تیمارهای ۴ و ۵، نوسان تغییرات کم‌تر است.

جدول ۹- مقایسهٔ میانگین‌ها برای تأثیر نوع تیمار و زمان نگهداری بر pH دانهٔ کینوا

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

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

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.

[1] Pearson's Chemical Analysis of Foods

نتیجه‌گیری

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 دانهٔ 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 این‌که 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.

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 صنایع‌غذایی 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., & 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., & 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., &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., & 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

Atef, A.A., El-Faham, S.Y., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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., & Sawyer, R. (2020). Pearson's chemical analysis of foods. 8th Edition. Published by Churchill Livingston.

Filho, A.M.M., Pirozi, M.R., Borges, J.T.S., Sant'Ana, H.M.P., Chaves, J.B.P., & Coimbra, J.S.D.R. (2017). Quinoa: Nutritional, functional and antinutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8): 1618-1630.

Hassoon, W.H., & 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., Soulaimani, A., Moussafir, M., Gharous, M.E., Karboune, S., Sbai, A., & 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., & 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., & Temel, S. (2021). Effect of storage conditions on nutritional quality and color characteristics of quinoa varieties. *Journal of Stored Products Research*, 91: pp. 101761.

Koziol, 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., & 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., & 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., & Sharma, G.K. (2018). Development and Quality Evaluation of Choco Quinoa Nutri Bar during Storage. *Food and Nutrition Sciences*, 9 (7), 899-914.

Quiroga Ledezma, C.C., Escalera, R., Aroni, G., Bonifacio, A., Gonzalez, J.A., Vilica, M., Saravia, R., & 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 International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).

Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., Glaser, B.K., Lorenz, K.J., & 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.

Saricaoglua, F.T., & 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., & 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., & 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., & Joseph, J. (2000). Essential fatty acids and the brain: Possible health implications. *International Journal of Developmental Neuroscience*. 18(4–5): 383–399.

Food Engineering Research/Vol.25/No.77/Autumn & Winter 2024/P: 129-144

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

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

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 $5^{O}C$ 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.

http://doi: 10.22092/FOODER.2024.366324.1397 **Email:** b.tajeddin@areeo.ac.ir **نویسنده مسئول:**

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/