



اثر پرتوتابی، سرکه و غلظت‌های مختلف آب نمک بر کیفیت و ماندگاری قارچ ترافل بیابانی طی

نگهداری (Terfeziacloveryi)

بهاره دائی^۱، صدیف آزادمرد دمیرچی^{۲*}، افشین جوادی^۳، محمدعلی تربتی^۴

۱- دانشجوی دکتری تخصصی علوم و صنایع غذایی، واحد ممقان، دانشگاه آزاداسلامی، ممقان، ایران.

۲- استاد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳- دانشیار گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، علوم پزشکی تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۴- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴

در این پژوهش، به منظور افزایش عمر ماندگاری و کیفیت قارچ ترافل بیابانی، قارچ‌ها با پرتو فرابنفش (UVC) در طول موج ۲۵۴ نانومتر با شدت $۲/۲\text{mW cm}^{-1}$ در سه زمان مختلف صفر (کنترل)، ۱۰ و ۲۰ دقیقه و همچنین غوطه‌وری در محلول کلرید سدیم با چهار غلظت ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۲۰ درصد و سرکه ۵ درصد (وزنی/وزنی) تیمار شدند. سپس، قارچ‌ها بمدت ۱۶۰ روز در دمای ۴°C نگهداری و به فاصله زمانی ۴۰ روز نمونه برداری انجام شد. ویژگی‌های درصد کاهش وزن، سفتی بافت، ترکیبات فنولی، اسکوربیک اسید و بار میکروبی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که سفتی بافت ($۴/۸۳\text{ N}$) در قارچ‌های UV-C (۱۰ دقیقه) غوطه‌ور در سرکه نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. همچنین پرتوتابی اثر معنی‌داری در جلوگیری از کاهش وزن قارچ‌ها داشت و کمترین و بیشترین میزان کاهش وزن به ترتیب مربوط به تیمار UV-C (۱۰ دقیقه) غوطه‌ور در سرکه و تیمار کنترل غوطه‌ور در آب نمک ۱۶٪ بود. ارزیابی ترکیبات فنولی به روش HPLC نشان داد که پرتوتابی اثر معنی‌داری بر افزایش ترکیبات فنولی در قارچ‌ها داشت با وجود اینکه مقدار این ترکیبات با گذشت زمان دچار کاهش معنی‌دار شد. مقدار ترکیبات فنولی در تیمارهای UV-C (۱۰ دقیقه) غوطه‌ور در سرکه و کلرید سدیم ۷٪ به ترتیب نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. پرتوتابی همچنین اثر معنی‌داری بر کاهش بار میکروبی قارچ ترافل بیابانی (*Terfeziacloveryi*) داشت و افزایش شدت پرتودهی موجب افزایش مهار رشد میکروبی شد. تابش پرتو UVC موجب کاهش اسکوربیک اسید تا ۷۸٪ در نمونه‌های تیمار شده گردید. غلظت‌های بالای آب‌نمک باعث دهیدراسیون بافت قارچ و افزایش افت وزن و کاهش ترکیبات فنولی و مقدار اسکوربیک اسید در طی نگهداری گردید. در کل، موثرترین تیمار جهت حفظ ویژگی‌های فیزیکی و کیفی قارچ ترافل بیابانی ، UV-C (۱۰ دقیقه) و غوطه‌وری در سرکه در طی ۱۶۰ روز انبارداری بیان شد.

کلمات کلیدی:

پرتو فرابنفش،

عمر انباری،

ترافل صحرايي،

آب نمک،

سرکه.

DOI: 10.22034/FSCT.19.125.183

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.125.28.7

* مسئول مکاتبات:

sodeifazadmard@yahoo.com

۱- مقدمه

به دلیل فعالیت مستقیم و مخرب بر سلول‌های زنده و عوامل بیماری‌زا، به‌عنوان یک روش ضدعفونی فیزیکی بدون باقی‌مانده مربوط به اثرات ضد قارچی میوه‌های میوه و سبزیجات است. تاثیر پرتو فرابنفش بر روی خواص فیزیکوشیمیایی گوجه‌فرنگی [۱۰]، توت‌فرنگی [۱۱]، قارچ تکمه‌ای [۱۲]، گیلاس، بادام زمینی و غیره برای حفظ کیفیت و به تأخیر انداختن پیری و کنترل پوسیدگی انباری مورد تأیید قرار گرفته است. اما تاکنون گزارشی در زمینه تاثیر پرتوهای فرابنفش روی ویژگی‌های کیفی و نگهداری پس از برداشت قارچ ترافل گزارش نشده است. لذا در این پژوهش جهت بررسی تاثیر تیمار پرتو فرابنفش و نگهداری در آب نمک و سرکه بروی ویژگی‌های انبارمانی و فیزیکی و شیمیایی قارچ ترافل، همچون ترکیبات فنولی، بافت، افت وزن، اسید اسکوربیک و میکروبی مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

نمک مورد استفاده (نمک یددار مواد غذایی با خلوص ۹۹/۲ درصد)، شکر از بازار محلی (تبریز، ایران)، سرکه انگور تجاری (۵٪) از شرکت وردا (تهران، ایران) و محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA) و تمام حلالها و مواد شیمیایی از برند MERCK (Gernsheim, آلمان) و استانداردهای پاراکوماریک اسید و وانیلیک اسید از شرکت Sigma و کافیک اسید، فرولیک اسید، سینامیک اسید و کاتچین از شرکت Sigma Aldrich خریداری شد. متانول از شرکت Caledon و n-مگزاز از شرکت MERCK خریداری گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه و آماده سازی قارچ ترافل

۲۰۰ عدد قارچ دنبان سالم (*Terfeziacloveryi*) رسیده از روستای کهریر شهرستان خوی (آذربایجان غربی) در اواسط فروردین جمع‌آوری و کاملاً تمیز شده و با آب مقطر شسته و خشک شدند. قارچ‌ها به سه گروه مساوی تقسیم شده و یک قسمت به عنوان کنترل (بدون پرتوتابی) و دو گروه دیگر در دو زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه تحت تاثیر پرتوتابی UV-C با شدت

ترافل‌ها قارچ‌های اکتومیکوریزی گرانبهای هستند که منبع خوبی از ترکیبات زیست فعال بوده و دارای اثرات بسیار مثبت تغذیه‌ای و سلامتی هستند. این دسته از قارچ‌ها که تحت عنوان دنبان با نام لاتین *truffleMushroom* شناخته می‌شوند از شاخه قارچ‌های کیسه‌ای و زیرشاخه قارچ‌های فنجانی که از تیره دنبانان می‌باشند. ترافل صحرایی از رده آسکومیست‌های آپوتس‌دار بوده که در ۳ گروه تیرمانیا، ترفزیا و توبر طبقه‌بندی می‌شوند که پراکنش جغرافیایی آن‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک به ویژه در خاورمیانه [۱] جنوب اروپا [۲] ایتالیا، اسپانیا و کشورهای شمال آفریقا [۳] همچنین در عراق و ایران [۴] می‌باشد. قارچ ترافل به دلیل محتوای زیاد آب، ساختار اپیدرمی نازک و متخلخل و همچنین سرعت تنفس بالا در مقایسه با سایر میوه‌ها و سبزیجات، از عمر انبارمانی کمی برخوردار بوده و کاهش وزن و آلودگی میکروبی از تغییرات عمده ای است که در مرحله پس از برداشت قارچ ترافل رخ می‌دهد.

روش‌های متعددی جهت نگهداری ترافل پس از برداشت انجام گرفته که عمدتاً شامل روش‌های حرارتی مانند کنسرو کردن [۵] و یا روش‌هایی همچون لیوفلیزاسیون [۶]، بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده [۷]، تابش پرتو الکترونی [۸] و پرتو گاما [۹] جهت افزایش عمر ماندگاری ترافل انجام گرفته است. پرتو فرابنفش به عنوان یک فن‌آوری غیرحرارتی نسبتاً جدید امروزه به صورت گسترده در صنایع غذایی برای ضدعفونی کردن و کاهش بار میکروبی مواد غذایی استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از این روش برای نگهداری پس از برداشت محصولات کشاورزی، بدون به‌جا گذاشتن پسماند شیمیایی و با کمترین مقدار از دست دادن طعم، رنگ و حفظ ارزش غذایی و کیفیت محصول استفاده کرد. فقدان ترکیبات باقیمانده مضر روی سطح و هزینه پایین این فرایند، می‌تواند این روش را جایگزین مناسب روش‌های شیمیایی در تیمارهای پس از برداشت نماید. پرتو فرابنفش UVC طول موج ۲۰۰-۲۸۰ nm، با اثرات غیر یونیزه و میکروب‌کشی و

1. Desert truffle
2. Tirmania
3. Terfazia
4. Tuber

سفتی ترافل‌ها طبق روشی که پیشتر شرح داده شده است، با آزمایش نفوذ انجام شده با استفاده از دستگاه تحلیل‌گر بافت (CF1-250150-STM-1SANTAM) ایران) اندازه‌گیری شد [۱۵]. قطر پروب استوانه‌ای ۳ میلی‌متر، سرعت نفوذ ۲ میلی‌متر در ثانیه و عمق نفوذ در ترافل ۵ میلی‌متر تعیین شد. مقادیر سفتی به عنوان حداکثر نیروی مشاهده شده در طول نفوذ پروب سیلندر به بافت نمونه‌ها ثبت شد.

۲-۲-۵- آنالیز ترکیبات فنولی با HPLC

استخراج ترکیبات فنولی موجود در ترافل مطابق با روشی که قبلاً منتشر شده بود آنالیز شد [۱۶]. به منظور استخراج ترکیبات فنولی، به مقدار ۲ g از قارچ ترافل خردشده حدود ۲ ml از حلال استخراج که شامل متانول و استیک اسید به نسبت ۸۵:۱۵ اضافه شده و به مدت ۲۴ ساعت در محل تاریک در دمای ۴°C نگهداری شد. پس از سانتریفیوژ *g ۱۰۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه، حدود ۲۰۰ میکرولیتر از قسمت رویی برداشته شد و به همان حجم به آن n-هگزان اضافه شد و محلول ته نشین شده از فیلتر یکبار مصرف سرسرنگی با قطر منافذ ۴۵ میکرومتر گذرانده شد. جهت تهیه محلول‌های استاندارد، ۵ میلی‌گرم از استانداردهای مورد نظر در ۵۰ میلی‌لیتر متانول مخصوص HPLC حل شد، سپس از محلول‌های فوق رقت‌های پایین‌تر تهیه شد و هریک، سه بار به دستگاه HPLC تزریق و سطح زیر منحنی در مقابل مقدار تزریق ترسیم گردید. عصاره‌های تهیه شده از پودر ترافل جهت شناسایی و تعیین مقدار ترکیبات فنولی به دستگاه تزریق شد. تعیین کمیت ترکیبات فنولی با استفاده از روش اندازه‌گیری سطح زیر منحنی و مقایسه با استانداردهای مربوطه انجام گرفت. کاتچین، پاراکوماریک اسید، فرولیک اسید، وانیلیک اسید، سیرینجیک اسید، کافئیک اسید، پارا هیدروکسی بنزوئیک اسید، اوژنول، جنتیسیک اسید و پروتو کاتچوئیک اسید آنالیز و تعیین مقدار شدند.

دستگاه HPLC مورد استفاده مدل (Cecil, English)، مجهز به پمپ دوگانه (Cecil, English) حذف‌کننده حباب‌های هوا (Cecil) و آشکار کننده ماوراءبنفش (Cecil, 4201) (UV/Vis) با ستون C18 reversed phase و قطر ستون ۴/۶ × ۲۵۰ میلیمتر با قطر منافذ ۵ میکرومتر بود. ترکیب فاز متحرک بکاربرده شده، استیک اسید ۲٪ در آب (پمپ A) و متانول (پمپ

تابش 2mW cm^{-1} بر روی یک توری پلاستیکی در داخل یک محفظه بازتابنده فولاد ضد زنگ، مجهز به ۲ لامپ میکروپ کاش بدون فیلتر (TUV 15W/G36 T8، فیلیپس، هلند) به طول ۴۳/۷۴ سانتی‌متر با طول موج ۲۵۴ نانومتر در فاصله ۲۵ سانتیمتری از قارچ‌ها قرار گرفتند [۱۳]. شدت نور با استفاده از یک رادیومتر مجهز به سنسور UV-X (یووی لایت متر لوترون مدل LUTRON UVC-254) اندازه‌گیری شد. برای این که تمام سطوح قارچ تحت تأثیر نور قرارگیرد، قارچ‌ها حول محور اصلی چرخانده شدند. پس از پرتوتابی هر دسته بمدت ۱۶۰ روز در ۵ نوع محلول نگهداری شامل ۴ غلظت محلول کلرید سدیم ۷٪، ۱۰٪، ۱۳٪، ۱۶٪ و یک غلظت ۵٪ سرکه غوطه‌ور و در یخچال نگهداری شده و از هر تیمار به فاصله زمانی ۴۰ روز یکبار و در مجموع چهار بار نمونه برداری انجام شد و ویژگی‌های درصد افت وزن، سفیدیافت، ترکیبات فنولی، مقدار اسکوربیک اسید و شمارش‌موزوفیل‌هاوزی در آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۲-۲- ترکیبات ترافل

ترکیبات شیمیایی ترافل بیابانی (*Terfezioclaveryi*) شامل رطوبت، پروتئین و کربوهیدرات، چربی و اسید آسکوربیک بر اساس روش (AOAC 2000) اندازه‌گیری شد. مقدار ازت کل با استفاده از روش کج‌لدال تعیین شد. مقدار کربوهیدرات با روش فهلینگ تعیین شد. مقدار خاکستر با سوزاندن نمونه‌ها در دمای ۵۵۰°C به مدت ۸ ساعت تعیین شد. چربی خام به روش استخراج سوکسله با هگزان به مدت ۸ ساعت در نقطه جوش حلال تعیین شد. ماده خشک با خشک کردن آن در دمای ۱۰۵°C تا جرم ثابت تعیین شد [۱۴].

۲-۲-۳- اندازه‌گیری درصد کاهش وزن

وزن ترافل در روزهای نمونه‌برداری، با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت $\pm 0.1/100$ (DLS-2000-5. Nano) (pazhouhan raga) اندازه‌گیری شد. درصد کاهش وزن در روزهای مختلف با فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$100 \times \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} = \text{درصد کاهش وزن}$$

وزن اولیه

۲-۲-۴- اندازه‌گیری استحکام بافت

چربی، پروتئین و کربوهیدرات‌ها به ترتیب ۱/۴، ۹/۷ و ۱۴/۶ (mg 100g⁻¹ dry weight) بود. محتوای چربی خام بیشتر از مقدار گزارش شده برای (*T. claveryi*) ۰/۸۹ تا ۱/۱۰ (mg 100g⁻¹ dry weight) و محتوای پروتئین و کربوهیدرات‌آن کمتر از مقادیری بود که بیشتر در گونه‌های مشابه در زنجار گزارش شده بود [۲۰]. این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از تنوع در گونه‌های مختلف درختان همزیست سطح زیر کشت و شرایط آب و هوایی باشد.

۲-۳- درصد افت وزن

پرتوتابی UV-C اثر معنی‌دار بر درصد کاهش وزن قارچ دارد (جدول ۱). مقدار کاهش وزن در پایان انبارداری در نمونه‌های پرتوتابی شده به طور معنی‌دار کمتر از نمونه‌های کنترل بدون پرتوتابی بود. نقش پرتوهای فرابنفش در مقادیر اپتیم، در جلوگیری از کاهش وزن در میوه‌ها ممکن است با محدود کردن سرعت تبدلات غشای سلولی همراه باشد که به نوبه خود باعث کاهش اتلاف آب در میوه‌های تیمار شده می‌شود [۲۱]. همچنین ارزیابی نشان داد که کاهش وزن در نمونه پرتوتابی ۱۰ دقیقه نسبت به نمونه پرتوتابی ۲۰ دقیقه به طور قابل توجهی کمتر می‌باشد ($p < 0.05$). افزایش زمان پرتوتابی منجر به خشکی سطح ترافل و افزایش افت وزن شدید آن شد که این نتایج با پژوهش‌های پیشین که گزارش کرده‌اند افزایش شدت پرتوتابی منجر به افزایش قابل توجه افت وزن در توت‌فرنگی می‌شود مطابقت دارد [۲۲]. آن‌ها بیان کرده‌اند که با قرار گرفتن در معرض تابش شدید پرتو UV-C، آب از قسمت‌های داخلی نمونه به سطح خشک شده مهاجرت می‌کند و منجر به از دست دادن رطوبت و کاهش وزن نمونه‌ها می‌شود. همچنین شدت پایین پرتو تابشی باعث حفظ یکپارچگی و انسجام بافت می‌شود. گزارش‌هایی نیز مبنی بر اثر پرتوتابی بر افزایش بیوستز پلیمرهای آب-گریز همچون سوبرین در سطح تیمار پرتودهی شده وجود دارد [۲۳]. در سال ۲۰۰۰ گزارش شد که تیمارهای ۵، ۱۵ و ۳۰ دقیقه‌ای UV-C باعث کاهش پوسیدگی انگورهای تازه می‌شود و بهترین نتیجه حفظ بافت و وزن با پرتو تابشی شدت‌های پایین به دست آمد [۲۴].

(B) و سرعت یک میلی‌لیتر در دقیقه انجام شد. دتکتور استفاده شده UV با طول موج ۲۸۰ nm و مقدار نمونه تزریق شده ۲۰ μl بود و آزمایش در ۲۰ دقیقه انجام گرفت.

۲-۲-۶- اندازه‌گیری مقدار اسکوربیک اسید

برای اندازه‌گیری مقدار اسکوربیک اسید با استفاده از روش تیتراسیون ید (یدومتری) استفاده شد. در این روش، ابتدا ۵ گرم یدید پتاسیم و ۰/۲۶۸ گرم یدات پتاسیم را در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل کرده و سپس با ۳۰ میلی‌لیتر محلول اسید سولفوریک ۳ مولار به آن اضافه کرده و حجم آن به یک لیتر رسانده می‌شود. سپس مخلوط نشاسته (۲ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۱ درصد) و عصاره قارچ بوسیله محلول ید تا هنگام تشکیل رنگ خاکستری آبی تیترا گردید [۱۷].

۲-۲-۷- شمارش بار میکروبی کل

شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی با استفاده از روش شمارش پلیت استاندارد و کشت پورپلیت در محیط پلیت کانت آگار انجام گرفت. در ادامه پلیت‌ها به انکوباتور ۳۰ درجه به مدت ۲۴-۴۸ ساعت انتقال داده شد و در نهایت، تعداد میکروارگانیسم‌های مزوفیل هوازی در هر گرم نمونه از روی تعداد کلنی‌های شمارش شده در ظروف پتری به دست آمد [۱۸].

۲-۳- آنالیز آماری

در این تحقیق از طرح آماری کاملاً تصادفی ساده استفاده شد. آزمایشها با سه تکرار انجام شدند و میانگین و انحراف معیار محاسبه شدند. اطلاعات بدست آمده با استفاده از آنالیز واریانس تحلیل و برای تعیین اختلاف بین میانگین نمونه‌ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ ($p < 0.05$) استفاده شد. برای این منظور نرم افزار SPSS (2016) استفاده قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات شیمیایی ترافل

میانگین رطوبت ترافل تازه ۷۴/۳ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک بود که کمتر از مقادیر گزارش شده برای ترافل بیابانی (*T. claveryi*) در عربستان بود [۱۹]. رطوبت زیاد می‌تواند مهمترین دلیل افزایش فسادپذیری ترافل باشد. مقادیر

Table 1 Effect of different treatments and type of processing and storage time on the weight loss of *T.claveryi*

160	120	80	40	1	Day	
					Treatments	Preservation method
10.2 ^{At}	8.29 ^{Bf}	5.92 ^{Cd}	3.09 ^{Dd}	0.01 ^{Eb}	Vinegar	Control
13.41 ^{Ae}	10.14 ^{Be}	7.01 ^{Cc}	3.49 ^{Dcd}	0.01 ^{Eb}	7% Brine	
15.79 ^{Ad}	12.27 ^{Bd}	7.84 ^{Cc}	3.62 ^{Dcd}	0.01 ^{Eb}	10% Brine	
18.65 ^{Ac}	14.44 ^{Bc}	9.2 ^{Cb}	4.29 ^{Dbc}	0.01 ^{Eb}	13% Brine	
33.84 ^{Aa}	24.49 ^{Ba}	15.85 ^{Ca}	7.6 ^{Da}	0.01 ^{Eb}	Brine16%	
6.37 ^{Ah}	5.19 ^{Bg}	3.57 ^{Cf}	1.46 ^{Dd}	0.003 ^{Ec}	Vinegar	UVC-10 min
6.74 ^{Ah}	5.44 ^{Bg}	3.68 ^{Cf}	1.62 ^{Dd}	0.005 ^{Ec}	7% Brine	
7.14 ^{Ag}	6.27 ^{Bg}	3.98 ^{Cf}	2.09 ^{Dd}	0.005 ^{Ec}	10% Brine	
9.01 ^{Af}	7.29 ^{Bf}	4.72 ^{Ce}	2.53 ^{Dcd}	0.008 ^{Ec}	13% Brine	
10.2 ^{Af}	8.14 ^{Bf}	6.7 ^{Ccd}	4.69 ^{Db}	0.009 ^{Ec}	Brine16%	
8.19 ^{Ag}	6.39 ^{Bg}	4.04 ^{Cef}	2.19 ^{Dd}	0.008 ^{Ec}	Vinegar	UVC-20 min
9.64 ^{Af}	7.29 ^{Bf}	4.72 ^{Ce}	2.53 ^{Dcd}	0.008 ^{Ec}	7% Brine	
10.41 ^{Af}	8.14 ^{Bf}	5.15 ^{Cde}	2.6 ^{Dcd}	0.009 ^{Ec}	10% Brine	
15.5 ^{Ad}	12.21 ^{Bd}	5.64 ^{Cd}	3.59 ^{Dc}	1.01 ^{Ea}	13% Brine	
26.77 ^b	19.84 ^b	10.34 ^b	4.84 ^b	1.09 ^a	Brine16%	

Different lowercase letters in each column and different uppercase letters in each row indicate a significant difference at the 5% level

پکتین متیل استراز، پلی گالاکتوروناز، و سلولاز که آنزیمهای هیدرولیز کننده بافت هستند و منجر به نرم شدن بافت می شود [۲۵]. در پایان دوره نگهداری، میوه های کنترل نرم تر از میوه های تیمار شده با UV-C بودند. پرتوتابی به مدت ۱۰ دقیقه به طور قابل توجهی باعث حفظ سفتی و تاخیر در نرم شدن ترافل های ذخیره شده گردید ($p < 0.05$). پژوهش های پیشین نیز حاکی از حفظ قوام و سفتی بافت با پرتوتابی با شدت کم دارد. [۲۶]. پرتو UV-C با مهار تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم های هیدرولیز کننده از طریق شکستن پیوندهای هیدروژنی در ساختار سه بعدی آنزیم ها باعث حفظ سفتی و کاهش نرم شدن بافت در قارچ می شود. همچنین سفتی تمام نمونه ها با افزایش غلظت نمک کاهش یافت (جدول ۲). این امر به دلیل تأثیر فرآیند آبیگری اسمزی در نتیجه انتقال جرم در گرادیان غلظت بین نمونه و محلول اسمزی است [۲۷]. مقدار سفتی در نمونه های نگهداری در سرکه به طور قابل ملاحظه بیشتر از نمونه های نگهداری در آب نمک بود ($p < 0.05$) و بیشترین مقدار سفتی در نمونه پرتوتابی UV-C ۱۰ دقیقه غوطه ور در سرکه نسبت به سایر نمونه های ذخیره شده گزارش شده است.

همچنین نتایج آزمایش نشان داد که غوطه وری در سرکه و کلرید سدیم در کاهش اتلاف وزن میوه های تیمار شده نسبت به کنترل موثر واقع شده و بیشترین میزان پوسیدگی مربوط به تیمارهای کنترل بود. سرکه و غلظت ۷٪ کلرید سدیم به ترتیب بیشترین تأثیر را در کاهش اتلاف وزن قارچ دارند (جدول ۱). میزان افت وزن در نمونه ها با افزایش غلظت نمک و زمان نگهداری افزایش یافت که این امر می تواند به دلیل افزایش جذب و انتقال آب میان بافتی به مایع احاطه کننده و قدرت یونی بالا و فرایند اسمز در غلظت های بالای نمک باشد. از طرف دیگر، با گذشت زمان و کاهش استحکام سلولی، مقدار نفوذپذیری غشاء افزایش یافته و در نتیجه وزن میوه کاهش می یابد.

۳-۳- سفتی و بافت

بر اساس نتایج حاصل، با افزایش مدت زمان انبارداری، سفتی بافت قارچ ها به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۲). سفتی بافت از ۶/۷۸ کیلوگرم بر سانتی متر مربع در روز ۱ به (۱/۵-۰/۲۳) کیلوگرم بر سانتی متر مربع در روز ۱۶۰ در تیمارهای مختلف نمونه های کنترل رسید. کاهش سفتی بافت نتیجه تجزیه اجزای دیواره سلولی و مخصوصاً پکتین در اثر تجزیه با آنزیم های

Table 2 Effect of different treatments and type of processing and storage time on the texture of *T.claveryi*

160	120	80	40	1	Day	
					Treatments	Preservation method
1.5 ^{Dd}	2.48 ^{Cd}	3.69 ^{Bbc}	4.78 ^{Bbc}	6.78 ^{Aa}	Vinegar	Control
1.19 ^{Ed}	2.29 ^{Dd}	2.88 ^{Ccd}	4.0 ^{Bc}	6.78 ^{Aa}	7%Brine	
0.96 ^{Ed}	1.83 ^{Dde}	2.63 ^{Ccd}	3.79 ^{Bc}	6.78 ^{Aa}	10%Brine	
0.91 ^{Dd}	1.19 ^{De}	2.23 ^{Cd}	3.68 ^{Bc}	6.78 ^{Aa}	13%Brine	
0.23 ^{De}	0.93 ^{De}	1.9 ^{Cd}	3.41 ^{Bd}	6.78 ^{Aa}	16%Brine	
4.83 ^{Ca}	5.33 ^{BCa}	5.8 ^{Ba}	6.21 ^{ABa}	6.76 ^{Aa}	Vinegar	UVC-10 min
4.74 ^{Ca}	4.96 ^{Cab}	5.38 ^{BCab}	5.78 ^{Bab}	6.73 ^{Aab}	7%Brine	
3.71 ^{Db}	4.31 ^{Cb}	5.08 ^{BCab}	5.7 ^{Bab}	6.76 ^{Aa}	10%Brine	
3.22 ^{Dbc}	3.82 ^{Dbc}	4.39 ^{Cb}	5.11 ^{Bb}	6.69 ^{Ab}	13%Brine	
2.53 ^{Dc}	3.09 ^{Cc}	3.48 ^{Cc}	4.1 ^{Bc}	6.73 ^{Aab}	16%Brine	
3.29 ^{Dbc}	3.69 ^{Dbc}	4.29 ^{Cb}	5.81 ^{Bab}	6.78 ^{Aa}	Vinegar	UVC-20 min
3.18 ^{Dbc}	3.56 ^{Dbc}	4.08 ^{Cb}	5.38 ^{Bb}	6.81 ^{Aa}	7%Brine	
2.0 ^{Dd}	2.43 ^{Dd}	3.78 ^{Cbc}	4.83 ^{Bb}	6.79 ^A	10%Brine	
1.83 ^{Dd}	2.23 ^{CDd}	2.66 ^{Ccd}	3.58 ^{Bcd}	6.73 ^{Aab}	13%Brine	
1.41 ^{Dd}	1.78 ^{CDde}	2.19 ^{Cd}	3.23 ^{Bc}	6.76 ^{Aa}	16%Brine	

Different lowercase letters in each column and different uppercase letters in each row indicate a significant difference at the 5% level

۳-۴- ترکیبات فنولی

ماندگاری و با افزایش غلظت نمک در محلول نگهداری کاهش یافت. این کاهش از ۵۴٪ تا ۹۶٪ برای ترکیبات مختلف در تیمارهای مختلف بود. این کاهش در ترکیبات فنولی ممکن است به دلیل تجزیه فنول‌ها در طی نگهداری و نفوذ فنول‌ها به محلول نگهدارنده باشد. پژوهش‌ها نشان داده است که پرتوتابی محصولات با UVC در شدت‌های مناسب می‌تواند یکسری از واکنش‌های بیوشیمیایی در بافت گیاهی را تحریک کند که موجب افزایش تولید متابولیت‌های ثانویه شود. طبق گزارشات پیشین تابش UVC در شدت‌های کم منجر به افزایش فنول کل و پلی‌آمین‌ها در انبه [۳۰] افزایش لیکوپن، ترکیبات فنولی و ظرفیت پاداکسایشی میوه گوجه‌فرنگی [۳۱] در مدت انبارداری شده‌است. آنزیم فنیل آلانین آمونیاکاز (PAL) آنزیم کلیدی در سنتز فنول‌ها است که اولین مرحله از بیوسنتز فنول‌ها، یعنی تبدیل فنیل آلانین به سینامیک اسید را کاتالیز می‌کند. پرتوتابی UV باعث افزایش فعالیت PAL می‌شود [۳۲]. همچنین اثر شدت پرتودهی بر مقدار ترکیبات فنولی کل نمونه‌ها معنی‌دار بود؛ به‌گونه‌ای که، مقادیر این ترکیبات در نمونه‌های تیمار شده با UV-C به مدت ۲۰ دقیقه نسبت به نمونه‌های تیمار شده با UV-C به مدت ۱۰ دقیقه به‌طور قابل ملاحظه کمتر بود (جدول ۳).

قارچ ترافل سرشار از متابولیت‌های ثانویه و آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند ترکیبات فنولی است. در پژوهشی که پیشتر بر روی قارچ ترافل (*Terfeziacclaveryi*) انجام گرفته حضور ترکیبات فنولی مانند پاراهیدروکسی بنزوئیک اسید، پروتوکاتچوئیک اسید، جنتیسیک اسید، وانیلیک اسید، کافئیک اسید، پاراکوماریک اسید، فرولیک اسید و سینامیک اسید را نشان دادند [۲۸]. همچنین در پژوهشی دیگر وجود ترکیبات کافئیک اسید، پاراکوماریک اسید، کلروجنیک اسید و اوژنول در این گونه قارچ (*Terfeziacclaveryi*) شناسایی شد [۲۹]. پروتوکاتچوئیک اسید، بیشترین ترکیب فنولی اندازه‌گیری شده (۳۲/۶۳) و سپس جنتیسیک اسید (۲۸/۳۵) و وانیلیک اسید (۲۸/۳۰) و پاراهیدروکسی بنزوئیک اسید (۲۷/۴۰) به ترتیب بیشترین ترکیبات فنولی ترافل این پژوهش را تشکیل می‌دهند (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد پرتوتابی بر روی ترکیبات فنولی در قارچ‌ها اثر معنی‌دار دارد. مقدار ترکیبات فنولی در تمامی نمونه‌های تیمار شده با اشعه UV افزایش یافت و این مقدار در همه نمونه‌های تیمار شده در طول مدت نگهداری بیشتر از کنترل بود. با این وجود، محتوای فنولی در تمام تیمارها در طول زمان

Table 3 Effect of different treatments and type of processing on the phenolic content (mgg^{-1} DW of *T.claveryi*)

Time	Treatment	Catechin	p-Coumaric acid	Ferulic acid	Vanillic acid	Syringic acid	p-hydroxy benzoic acid	Caffeic acid	Proto catechuic acid	Eugenol	Gentisic acid	
Day 1	A*	12.65 ^{A**}	18.40 ^A	19.86 ^A	28.30 ^A	6.85 ^A	27.40 ^A	8.53 ^A	32.63 ^A	10.20 ^A	28.35 ^A	
		B	11.34 ^B	17.85 ^B	20.30 ^A	26.42 ^B	5.40 ^B	27.86 ^A	6.18 ^B	28.55 ^B	9.86 ^B	26.15 ^B
		C	9.18 ^C	16.85 ^C	15.35 ^B	25.55 ^C	4.85 ^C	25.49 ^B	5.58 ^C	26.67 ^C	8.45 ^C	26.40 ^B
	Vinegar	A	5.70 ^D	8.10 ^D	8.65 ^C	14.87 ^D	2.75 ^D	20.54 ^C	3.18 ^D	19.87 ^D	6.11 ^D	16.70 ^C
		B	4.15 ^E	7.18 ^E	7.40 ^D	11.85 ^F	2.12 ^{DE}	19.20 ^D	2.10 ^E	16.45 ^F	5.03 ^{EF}	14.55 ^D
		C	4.04 ^E	6.60 ^F	6.15 ^{EF}	10.43 ^G	1.83 ^E	18.05 ^E	1.96 ^E	14.20 ^H	4.80 ^F	12.35 ^F
	7% Brine	A	4.30 ^E	7.35 ^E	6.48 ^E	12.50 ^E	1.96 ^E	17.64 ^{EF}	2.15 ^E	18.30 ^E	5.85 ^E	14.78 ^D
		B	2.95 ^{FG}	5.85 ^G	5.87 ^F	10.18 ^G	1.85 ^E	14.18 ^G	1.88 ^{EF}	14.64 ^H	4.94 ^{EF}	13.40 ^E
		C	2.48 ^{GH}	5.63 ^{GH}	5.14 ^G	9.65 ^H	1.48 ^{EF}	12.40 ^I	1.54 ^F	12.85 ^J	4.54 ^{FG}	11.65 ^G
Day 160	10% Brine	A	3.46 ^F	7.18 ^E	5.96 ^{EF}	11.49 ^F	1.58 ^{EF}	15.40 ^F	1.80 ^{EF}	15.65 ^G	4.67 ^{FG}	13.25 ^E
		B	2.25 ^H	5.30 ^H	5.38 ^{FG}	9.46 ^H	1.37 ^{EF}	12.55 ^I	1.45 ^{FG}	12.80 ^J	3.48 ^{HI}	12.18 ^F
		C	2.20 ^H	5.15 ^H	5.12 ^G	8.77 ^I	1.13 ^F	11.18 ^J	1.25 ^{GH}	10.18 ^G	3.10 ^I	10.45 ^H
	13% Brine	A	3.25 ^F	5.96 ^G	5.65 ^F	9.87 ^H	1.15 ^F	13.45 ^H	1.56 ^F	13.30 ^I	4.10 ^G	11.40 ^G
		B	2.67 ^G	4.03 ^J	5.00 ^{GH}	8.16 ^I	0.83 ^G	10.80 ^{JK}	1.28 ^G	11.28 ^K	3.12 ^I	10.28 ^H
		C	2.53 ^{GH}	3.27 ^K	4.65 ^H	7.87 ^J	0.65 ^{GH}	8.96 ^L	1.12 ^H	9.15 ^L	2.78 ^J	9.36 ^I
	16% Brine	A	2.70 ^G	4.80 ^I	4.55 ^H	8.25 ^{IJ}	0.87 ^G	10.15 ^K	1.20 ^{GH}	11.84 ^{JK}	3.65 ^H	9.19 ^I
		B	1.48 ^I	3.30 ^K	5.10 ^G	7.78 ^J	0.50 ^H	8.50 ^L	1.07 ^H	9.25 ^L	2.30 ^K	8.85 ^J
		C	1.15 ^I	2.45 ^L	3.05 ^I	6.54 ^K	0.18 ^I	8.20 ^L	0.35 ^I	6.43 ^M	1.80 ^L	7.80 ^K

*: (A) UVC 10 min samples stored at 4 °C, (B) UVC 20 min samples stored at 4 °C, (C) control samples stored at 4 °C

** : Different capital letters in column indicate a significant difference in the probability level of 5%.

ماند در حالیکه این کاهش تا ۷۸٪ در نمونه‌های پرتوتابی شده ۲۰ دقیقه افزایش یافت.

تابش UV-C موجب تنش و تخریب بافت‌های گیاهی می‌شود. همچنین کاهش اسید اسکوربیک در میوه‌های آناناس برش داده شده و توت فرنگی [۳۳] تیمار شده با پرتو UV-C گزارش شده است. به نظر می‌رسد کاهش محتوای اسید اسکوربیک ممکن است به دلیل اکسیداسیون اسید اسکوربیک توسط آسکوربات اکسیداز به اسید دهیدروآسکوربیک باشد.

طبق نتایج اعلام شده محتوای اسید اسکوربیک در با افزایش غلظت نمک در محلول‌های نگهداری کاهش می‌یابد (جدول ۴).

کاهش محتوای اسید اسکوربیک با افزایش غلظت نمک را می‌توان با افزایش گرادبان اسمزی توضیح داد که باعث انتقال مواد محلول مانند ویتامین C به آب نمک می‌شود [۳۵]. مقدار افت اسکوربیک اسید در نمونه‌های نگهداری شده در سرکه نسبت به تیمارهای آب‌نمک به مقدار قابل ملاحظه کمتر بود و نگهداری در سرکه بیشتر باعث حفظ اسکوربیک اسید در نمونه‌ها گردید. در پایان زمان انبارمانی ترافل‌های کنترل بدون پرتوتابی و غوطه‌ور در سرکه بیشترین مقدار اسکوربیک اسید را دارا بودند.

این امر می‌تواند به دلیل آسیب سیستم بیوسنتزی ترکیبات فنولی در اثر شدت تشعشع بالا باشد. نتایج بدست آمده با نتایج پژوهش‌های مشابه که اثرات مخرب دوزهای شدید UV بر ترکیبات فنولی میوه‌های مختلف را بیان کردند همخوانی داشت [۳۳]. در پایان دوره نگهداری، بیش‌ترین مقدار ترکیبات فنولی در نمونه‌های پرتوتابی ۱۰ دقیقه و کمترین مقدار در نمونه‌های کنترل مشاهده شد.

۳-۵- اسکوربیک اسید

مقدار اسکوربیک اسید در ترافل تازه در روز اول حدود ۴/۴۸ mg در ۱۰۰g بود که در طول نگهداری در تمام تیمارها کاهش یافته بود. (جدول ۴). با این حال، سرعت کاهش اسکوربیک اسید در نمونه‌های پرتوتابی شده نسبت به تیمارهای کنترل بیشتر بود. همچنین میزان کاهش در تیمارهای ۱۰UVC دقیقه در مقایسه با نمونه‌های UVC ۲۰ دقیقه کمتر بود. محتوای ویتامین C در ترافل‌های پرتو دهی شده به وضوح کمتر از ترافل‌های بدون تابش در طول نگهداری بود و در پایان ذخیره سازی، ۲۵-۵۶٪ اسکوربیک اسید در ترافل‌های بدون تابش باقی

Table 4 Effect of different treatments and type of processing and storage time on the content of ascorbic acid of truffle samples

160	120	80	40	1	Day	
					Treatments	Preservation method
2.26 ^{Ca}	2.58 ^{Ca}	3.23 ^{BCa}	3.98 ^{Ba}	4.43 ^{Aa}	Vinegar	Control
2.13 ^{Ca}	2.63 ^{BCa}	3.06 ^{Ba}	3.79 ^{ABa}	4.4 ^{Aa}	7%Brine	
2.09 ^{Ca}	2.38 ^{Ca}	2.93 ^{BCa}	3.83 ^{Ba}	4.38 ^{Aa}	10%Brine	
2.03 ^{Ca}	2.23 ^{Cab}	2.76 ^{BCab}	3.98 ^{Bb}	4.4 ^{Aa}	13%Brine	
1.93 ^{Ca}	2.04 ^{Cab}	2.38 ^{Cb}	3.93 ^{Bb}	4.38 ^{Aa}	16%Brine	
1.83 ^{Cab}	2.03 ^{Cab}	2.23 ^{Cb}	3.23 ^{Bb}	3.78 ^{Ab}	Vinegar	UVC-10 min
1.62 ^{Cab}	1.94 ^{Bab}	2.16 ^{Bb}	3.06 ^{Ab}	3.38 ^{Ac}	7%Brine	
1.53 ^{Dab}	1.82 ^{Cb}	2.03 ^{Cb}	2.98 ^{Bb}	3.34 ^{Ac}	10%Brine	
1.36 ^{Db}	1.66 ^{CDb}	1.94 ^{Cb}	2.83 ^{Bb}	3.36 ^{Ac}	13%Brine	
1.18 ^{Eb}	1.56 ^{Db}	1.73 ^{Cc}	2.68 ^{Bc}	3.4 ^{Ac}	Brine16%	
2.01 ^{Da}	2.33 ^{Da}	2.88 ^{Ca}	3.61 ^{Ba}	4.48 ^{Aa}	Vinegar	UVC-20 min
1.8 ^{Dab}	2.1 ^{Dab}	2.73 ^{Cab}	3.53 ^{Ba}	4.48 ^{Aa}	7%Brine	
1.75 ^{ab}	2.06 ^{ab}	2.56 ^{ab}	3.4 ^{ab}	4.13 ^{Aab}	10%Brine	
1.61 ^{Dab}	1.94 ^{CDab}	2.33 ^{Cb}	3.18 ^{Bb}	4.48 ^{Aa}	13%Brine	
0.98 ^{Eb}	1.78 ^{Db}	2.08 ^{Cb}	3.02 ^{Bb}	4.48 ^{Aa}	Brine16%	

Different lowercase letters in each column and different uppercase letters in each row indicate a significant difference at the 5% level

مقادیر بار میکروبی در میوه‌های کنترل بیشتر بود. افزایش مدت زمان تابش سبب کاهش شمارش کلی باکتری گردید به گونه‌ای که بیشترین کاهش بار میکروبی در پرتوتابی UV-C ۲۰ دقیقه رخ داد (جدول ۵).

۳-۶- بار میکروبی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار UVC، زمان انبارمانی و اثر متقابل این دو در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اختلاف معنی‌داری بین قارچ‌های تیمار شده با UVC و میوه‌های کنترل از نظر شمارش کلی باکتری وجود داشت به طوریکه

Table 5. Effect of different treatments and type of processing and storage time on the total count of truffle samples

160	120	80	40	1	Day	
					Treatments	Preservation method
6.83 ^{Ab}	5.28 ^{Bc}	4.78 ^{Cbc}	4.26 ^{Db}	4.08 ^{Da}	Vinegar	Control
7.13 ^{Ab}	5.98 ^{Bb}	5.29 ^{Cab}	4.46 ^{Db}	4.13 ^{Da}	7%Brine	
7.33 ^{Ab}	6.18 ^{Bb}	5.43 ^{Cab}	4.53 ^{Dab}	4.1 ^{Ea}	10%Brine	
7.38 ^{Ab}	6.78 ^{Bab}	5.83 ^{Ca}	4.78 ^{Da}	4.16 ^{Ea}	13%Brine	
8.23 ^{Aa}	7.33 ^{Ba}	6.13 ^{Ca}	4.92 ^{Da}	4.13 ^{Ea}	16%Brine	
5.35 ^{Ad}	5.16 ^{ABc}	4.85 ^{Bbc}	4.26 ^{BCb}	3.98 ^{Ca}	Vinegar	UVC-15 min
5.83 ^{Ac}	5.44 ^{ABbc}	4.16 ^{Bc}	4.56 ^{Bab}	4.03 ^{Ba}	7%Brine	
5.92 ^{Ac}	5.58 ^{ABbc}	4.38 ^{BCc}	4.63 ^{Bab}	4.06 ^{Ca}	10%Brine	
6.06 ^{Ac}	5.66 ^{ABbc}	5.33 ^{Bab}	4.78 ^{BCa}	4.08 ^{Ca}	13%Brine	
6.1 ^{Ac}	5.84 ^{Ab}	5.46 ^{Bab}	4.92 ^{Ba}	4.11 ^{Ca}	16%Brine	
4.78 ^{Ad}	4.46 ^{Abd}	4.23 ^{Bb}	4.02 ^{Bb}	2.38 ^{Cb}	Vinegar	UVC-30 min
5.24 ^{Ad}	5.03 ^{Ac}	4.83 ^{ABbc}	4.28 ^{Bb}	2.53 ^{Cb}	7%Brine	
5.33 ^{Ad}	5.08 ^{Ac}	4.92 ^{ABb}	4.43 ^{Bb}	2.56 ^{Cb}	10%Brine	
5.46 ^{Acd}	5.28 ^{ABc}	5.06 ^{ABab}	4.66 ^{Bab}	2.54 ^{Cb}	13%Brine	
5.58 ^{Acd}	5.43 ^{Abc}	5.24 ^{ABab}	4.73 ^{Ba}	2.56 ^{Cb}	16%Brine	

Different lowercase letters in each column and different uppercase letters in each row indicate a significant difference at the 5% level

از پرتوتابی UV-C می‌توان جهت ضدعفونی محصولات با تیمار UV-C ۶-۰/۶ باعث مهار پاتوژن‌های کشاورزی استفاده کرد. در پژوهش بر روی گوجه‌فرنگی‌های تازه

۵- منابع

- [1] Khabar, L., 2014. Mediterranean Basin: North Africa. In *Desert Truffles*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp: 143-158.
- [2] Čejka, T., Trnka, M., Krusic, P.J., Stobbe, U., Oliach, D., Václavík, T., Tegel, W. and Büntgen, U., 2020. Predicted climate change will increase the truffle cultivation potential in central Europe. *Scientific reports*, 10(1): 1-10.
- [3] Zambonelli, A., Donnini, D., Rana, G.L., Fascetti, S., Benucci, G.M.N., Iotti, M., Morte, A., Khabar, L., Bawadekji, A., Piattoni, F. and Compagno, R., 2014. Hypogeous fungi in Mediterranean maquis, arid and semi-arid forests. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing With all Aspects of Plant Biology*, 148(2):392-401.
- [4] Alirezalu, K., Azadmard-Damirchi, S., Achachlouei, B.F., Hesari, J., Emaratpardaz, J. and Tavakolian, R., 2016. Physicochemical properties and nutritional composition of black truffles grown in Iran. *Chemistry of Natural Compounds*, 52(2): 290-293.
- [5] Murcia, M.A., Martínez - Tomé, M., Vera, A., Morte, A., Gutierrez, A., Honrubia, M. and Jiménez, A.M., 2003. Effect of industrial processing on desert truffles *Terfezia clavaryi* Chatin and *Picoa juniperi* Vittadini): proximate composition and fatty acids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(6): 535-541.
- [6] Palacios, I., Guillamón, E., García - Lafuente, A. and Villares, A., 2014. Effects of Freeze-Drying Treatment on the Aromatic Profile of *Tuber* spp. Truffles. *Journal of food processing and preservation*, 38(3): 768-773.
- [7] Rivera, C.S., Blanco, D., Salvador, M.L. and Venturini, M.E., 2010. Shelf - life extension of fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* truffles by modified atmosphere packaging with microperforated films. *Journal of Food Science*, 75(4): E225-E233.
- [8] Rivera, C.S., Blanco, D., Marco, P., Oria, R. and Venturini, M.E., 2011. Effects of electron-beam irradiation on the shelf life, microbial populations and sensory characteristics of summer truffles (*Tuber aestivum*) packaged

اشریشیاکلی و سالمونلانتریکا در گوجه‌فرنگی‌هایی شد که به مدت ۲۵ روز در دمای ۵°C نگهداری می‌شدند [۳۶].

نتایج ارزیابی میکروبی نشان می‌دهد تا روز ۸۰ دوره نگهداری در نمونه‌های تیمار شده، شاهد افزایش کم شمارش کلی باکتری بودیم اما در روز ۱۲۰ شمارش کلی باکتری روند صعودی فزاینده یافت. این امر می‌تواند به دلیل فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB) در روزهای اول نگهداری و اثر آن‌ها در رقابت باکتریایی باشد که بتدریج با از بین رفتن آن‌ها، بار میکروبی کل افزایش پیدا می‌کند. همچنین سرعت رشد میکروبی در تیمار سرکه نسبت به تیمارهای آب نمک کمتر بود به طوری که در پایان زمان انبارداری مقادیر بار میکروبی در تیمارهای سرکه ۰/۳۸ لگاریتم کمتر از تیمارهای آب نمک بود. غلظت بالای سرکه می‌تواند نقش ضد میکروبی بالای خود را با نفوذ به دیواره سلولی و دنا توره کردن پروتئین‌های پلاسما سلول ایفا کند [۳۷].

۴- نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد اشعه UV-C به طور قابل توجهی باعث حفظ سفتی بافت، ترکیبات فنولی، کاهش افت وزن، و مهار فساد میکروبی در قارچ‌های ترافل بیابانی (*Terfeziaclaveryi*) تیمار شده می‌گردد. با این حال، به مقدار قابل توجهی محتوای اسکوربیک اسید در ترافل‌ها کاهش داد. در مجموع در تمامی نمونه‌ها بعلاوه نمونه شاهد با گذشت زمان و افزایش غلظت نمک ویژگی‌های بافتی و کیفی و ترکیبات فنولی کاهش داشته است. همچنین افزایش دوز و زمان اشعه تابشی باعث افت ویژگی‌های کیفی قارچ نشده و منجر به خشکی پوسته و نکروزه شدن آن می‌شود. به این ترتیب می‌توان گفت که پرتوتابی ۱۰ دقیقه و نگهداری در سرکه ۵٪ (وزنی/وزنی) نسبت به بقیه تیمارها در حفظ ویژگی‌های کیفی قارچ ترافل بیابانی (*Terfeziaclaveryi*) در مدت نگهداری در سردخانه مؤثر بوده و به عنوان روش کاربردی جهت حفظ کیفیت ترافل می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

- naturals substances by iodometric titration found in nimar and malwa regeion. *Journal of Scientific Research in Pharmacy*, 1(2): 77-78.
- [18] STANDARDS, I. O. & IRAN, I. R. O. 2010. ISIRI 12968. Food and Feed–Maximum Limit of Heavy Metals. ISIRI press Tehran, Iran.
- [19] Veeraraghavan, V.P., Hussain, S., Papayya Balakrishna, J., Dhawale, L., Kullappan, M., Mallavarapu Ambrose, J. and Krishna Mohan, S., 2021. A comprehensive and critical review on ethnopharmacological importance of desert truffles: *Terfezia claveryi*, *Terfezia boudieri*, and *Tirmania nivea*. *Food Reviews International*,: 1-20.
- [20] Ammarellou, A., 2007. Protein profile analysis of desert truffle (*Terfezia claveryi* Chatin). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 5(2): 62-66.
- [21] Abdipour, M., Malekhossini, P.S., Hosseinfarahi, M. and Radi, M., 2020. Integration of UV irradiation and chitosan coating: A powerful treatment for maintaining the postharvest quality of sweet cherry fruit. *Scientia Horticulturae*, 264: 109197.
- [22] Cote, S., Rodoni, L., Miceli, E., Concellón, A., Civello, P.M. and Vicente, A.R., 2013. Effect of radiation intensity on the outcome of postharvest UV-C treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 83:83-89.
- [23] Charles, M.T., Goulet, A. and Arul, J., 2008. Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: IV. Biochemical modification of structural barriers. *Postharvest Biology and Technology*, 47(1): 41-53.
- [24] Cantos, E., García-Viguera, C., de Pascual-Teresa, S. and Tomás-Barberán, F.A., 2000. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10): 4606-4612.
- [25] Pirrello, J., Regad, F., Latche, A., Pech, J.C. and Bouzayen, M., 2009. Regulation of tomato fruit ripening. *CAB Reviews*, 4(51): 1-14.
- [26] González - Aguilar, G.A., Wang, C.Y., Buta, J.G. and Krizek, D.T., 2001. Use of UV - C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy under modified atmospheres. *Food Microbiology*, 28(1): 141-148.
- [9] Nazzaro, F., Fratianni, F., Picariello, G., Coppola, R., Reale, A. and Di Luccia, A., 2007. Evaluation of gamma rays influence on some biochemical and microbiological aspects in black truffles. *Food Chemistry*, 103(2): 344-354.
- [10] Khaleghi, A., Dadbin, E. and Asghari Marjanlou, A., 2019. The Effect of UV-C Irradiation on Rot Control and Postharvest Quality of Greenhouse Tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Newton). *Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology*, 10(3): 13-22.
- [11] Severo, J., de Oliveira, I.R., Tiecher, A., Chaves, F.C. and Rombaldi, C.V., 2015. Postharvest UV-C treatment increases bioactive, ester volatile compounds and a putative allergenic protein in strawberry. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2): 685-692.
- [12] Simon, R.R., Borzelleca, J.F., DeLuca, H.F. and Weaver, C.M., 2013. Safety assessment of the post-harvest treatment of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) using ultraviolet light. *Food and Chemical Toxicology*, 56: 278-289.
- [13] Sari, L.K., Setha, S. and Naradisorn, M., 2016. Effect of UV-C irradiation on postharvest quality of 'Phulae'pineapple. *Scientia Horticulturae*, 213: 314-320.
- [14] Bouatia, M., Touré, H.A., Cheikh, A., Eljaoudi, R., Rahali, Y., Idrissi, O.M.B., Khabar, L. and Draoui, M., 2018. Analysis of nutrient and antinutrient content of the truffle (*Tirmania pinoyi*) from Morocco. *International Food Research Journal*, 25(1): 174-178.
- [15] Gao, M., Feng, L. and Jiang, T., 2014. Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment. *Food Chemistry*, 149:107-113.
- [16] Lister, C.E., Lancaster, J.E., Sutton, K.H. and Walker, J.R., 1994. Developmental changes in the concentration and composition of flavonoids in skin of a red and a green apple cultivar. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64(2):155-161.
- [17] Kashyap, G. and Gautam, M.D., 2012. Analysis of vitamin c in commercial and

- of grape and wine phenolic content by foliar application to grapevine of three different elicitors: Methyl jasmonate, chitosan, and yeast extract. *Food Chemistry*, 201: 213-221.
- [33] Vaziri, A., 2020. Applications of UV-B radiation to increase phenolic compounds of *Alo vera L.* plants, *Journal of Plant Process and Function*, 9: 411-421
- [34] Amiri, A., Mortazavi, S.M.H., Ramezani, A., Mahmoodi Sourestani, M., Mottaghipisheh, J., Iriti, M. and Vitalini, S., 2021. Prevention of decay and maintenance of bioactive compounds in strawberry by application of UV-C and essential oils. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6): 5310-5317.
- [35] Yalim, S. and Özdemir, Y., 2003. Effects of preparation procedures on ascorbic acid retention in pickled hot peppers. *International journal of food sciences and nutrition*, 54(4), pp: 291-296.
- [36] Mukhopadhyay, S., Ukuku, D.O., Juneja, V. and Fan, X.J.F.C., 2014. Effects of UV-C treatment on inactivation of *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* O157: H7 on grape tomato surface and stem scars, microbial loads, and quality. *Food Control*, 44: 110-117
- [37] Yagnik, D., Serafin, V. and J Shah, A., 2018. Antimicrobial activity of apple cider vinegar against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*; downregulating cytokine and microbial protein expression. *Scientific reports*, 8(1): 1-12.
- Atkins' mangoes. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(7): 767-773.
- [27] Basiri, S. and Gheybi, F., 2019. The effect of osmotic dehydration and various methods of drying pumpkin on quality and color of final product. *Journal of Food Research*, 29: 141-153
- [28] Kivrak, İ., 2015. Analytical methods applied to assess chemical composition, nutritional value and in vitro bioactivities of *Terfezia olbiensis* and *Terfezia clavaryi* from Turkey. *Food Analytical Methods*, 8(5): 1279-1293.
- [29] Vahdani, M., Rastegar, S., Rahimizadeh, M., Ahmadi, M. and Karmostaji, A., 2017. Physicochemical characteristics, phenolic profile, mineral and carbohydrate contents of two truffle species, *J. Agr. Sci. Tech.* 19: 1091-1101.
- [30] González - Aguilar, G. A., Villegas - Ochoa, M.A., Martínez - Téllez, M.A., Gardea, A.A. and Ayala - Zavala, J.F., 2007. Improving antioxidant capacity of fresh - cut mangoes treated with UV - C. *Journal of Food Science*, 72(3): S197-S202.
- [31] Liu, C.H., CAI, L.Y., LU, X.Y., HAN, X.X. and YING, T.J., 2012. Effect of postharvest UV-C irradiation on phenolic compound content and antioxidant activity of tomato fruit during storage. *Journal of integrative agriculture*, 11(1): 159-165.
- [32] Portu, J., López, R., Baroja, E., Santamaría, P. and Garde-Cerdán, T., 2016. Improvement



Scientific Research

Effect of irradiation, vinegar and brine concentrations on quality and shelf life of desert truffle (*Terfeziaclaveryi*) in storage time

Daei, B. ¹, Azadmard-Damirchi, S. ^{2*}, Javadi, A. ³, Torbati, M. ⁴

1. Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Mamaghan Branch, Islamic Azad University, Mamaghan, Iran.
2. Professor, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3. Associate Professor, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary, Tabriz Medical Science, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
4. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition and Food Science, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

ABSTRACT

The present study was carried out to determine the effects of UV irradiation on postharvest and quality of desert truffle. In order to increase the shelf life of desert truffles, truffles were irradiated with UV-C (2.2 mW cm⁻¹) at three different times, (control), 10 and 20 minutes and also storage in 7%, 10%, 13% 16% (w/w) NaCl and 5% vinegar solution (w/w). After applying the desired treatments, truffles were stored at 4 °C for 160 days and sampling was performed at 40-day intervals. Weight loss percentage, tissue firmness, phenolic compounds, vitamin C content and microbial load were evaluated. Tissue firmness was higher at the truffles that were exposed to radiation for 10 minutes than other treatments. Also, radiation had a significant effect on preventing weight loss of truffles. The lowest weight loss was related to 10 minutes of radiation treatment and also, the highest amount of weight loss was related to control treatment. Radiation at higher doses does not further improve tissue quality parameters and causes skin necrosis and damage to truffle tissue. Evaluation of truffles phenolic compounds such as caffeic acid, ferulic acid, vanillic acid, coumaric acid, cinnamic acid and catechin was measured by HPLC. Evaluation shows that radiation had a significant effect on the increase of phenolic compounds in truffles, however the amount of these compounds decreased significantly over time. Irradiation also had a significant effect on reducing the microbial load and irradiated truffle had the lowest amount of microbial growth. However, the most effective treatment to maintain tissue quality characteristics and prevent weight loss and inhibit bacterial spoilage, UV-C (10 minutes) and immersion in vinegar and Storage at 4 °C compared to other treatments was expressed during 160 days of storage.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 02/ 13
Accepted 2022/ 03/ 15

Keywords:

UV-C irradiation,
Storage life,
Truffle,
Brine,
Vinegar.

DOI: 10.22034/FSC.T.19.125.183

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.125.28.7

*Corresponding Author E-Mail:
sodeifazadmard@yahoo.com