مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تیمار پس از برداشت با گابا برای حفظ کیفیت تغذیه‌ای و بهبود عمر انبارمانی فرم تازه بریده قارچ تکمه‌ای (*Agaricus bisporus*)

آیدین شکاری[۱]، رحیم نقشیبند حسنی[۱*]، مرتضی سلیمانی‌اقدم[۲]

۱- دانشجوی سابق دکتری تخصصی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲- استادیار، گروه علوم و و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲

کلمات کلیدی:

انبارمانی،

قارچ تکمه‌ای تازه بریده،

قهوه‌ای شدن،

گابا.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5

* مسئول مکاتبات:

naghshiband@tabrizu.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی اثر تیمار پس از برداشت گابا بر عمر انبارمانی و کیفیت تغذیه‌ای فرم تازه بریده قارچ تکمه‌ای، تیمار قارچ تکمه‌ای باپنج غلظت (صفر، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱ و ۱۰ mM) گاباصورت گرفت و به مدت ۱۵ روز در سردخانه با دمای ۴ °C و رطوبت نسبی ۹۰±۵٪ نگهداری و نمونه‌برداری از قارچ‌ها در روزهای صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز انبارمانی صورت گرفت. نتایج نشان داد که غلظت ۱mM گابا تاثیر بیشتری در کاهش قهوه‌ای شدن قارچ تکمه‌ای تازه بریده نسبت به سایر غلظت‌های گابا داشت. کاهش نشت یونی و تجمع مالون دی‌آلدهید در قارچ‌های تکمه‌ای تازه بریده تیمار شده با غلظت ۱ mM گابا مشاهده شد که موجب کاهش از دست‌دهی وزن در این قارچ‌ها شد. فعالیت بالای آنزیم فنیل آلانین‌آمونیالیاز در قارچ‌های تیمار شده با گابا ۱ mM،سبب افزایش محتوای ترکیبات فنولی شد که با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز همراه بود. افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در قارچ‌های تیمار شده با گابا ۱ mM مشاهده گردید که همراه با افزایش معنی‌دار تجمع اسید آسکوربیک در این قارچ‌ها بود. بنابراین، گابا به عنوان یک روش ایمن و موثر می‌تواند در افزایش عمر انبارمانی قارچ تکمه‌ای تازه بریده مورد استفاده قرار گیرد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]

[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]

[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

۱-مقدمه

قارچ تکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus*) به دلیل خصوصیات تغذیه‌ای، دارویی و ارگانولپتیکی شناخته شده، بیشترین قارچ خوراکی کشت شده در دنیا می‌باشد[۱]. با این حال، عمر پس از برداشت کوتاهی دارد که در شرایط دمایی اتاق کمتر از ۳ روز است که عمدتاً ناشی از قهوه‌ای شدن، پیری، تنفس بالا، از دست‌دهی آب و حملات میکروبی می‌باشد[۲]. به طور خاص، قهوه‌ای شدن قابلیت فروش و پذیرش قارچ توسط مصرف کننده را تعیین می‌کند[۳]. قهوه‌ای شدن پس از برداشت به طور عمده در اثر اکسیداسیون ترکیبات فنولیک به کوئینون در اثر فعالیت آنزیم هایی مثل پلی‌فنل اکسیداز رخ می‌دهد، که در نهایت منجر به ظاهر قهوه‌ای محصول می‌شود[٤]. قهوه‌ای شدن آنزیمی با از دست رفتی یکپارچگی غشای بافت به هنگام پیری و زوال همراه است. از دست رفتن یکپارچگی غشا با پراکسیداسیون لیپیدی غشا مربوط می‌باشد که توسط آنزیم لیپواکسیژناز کاتالیز می‌شود و منجر به تجمع مالون دی‌آلدهید می‌شود[٥]. پراکسیداسیون لیپیدی غشا باعث تغییر در خواص غشایی می‌شود و باعث ایجاد آسیب‌های غشایی مثل نشت یونی و جابجایی سلولی می‌شود[٤]. به میزان کمتری، برخی از تغییرات رنگ سطح میوه‌ها ناشی از آلودگی میکروبی می‌باشد[٦]. از این رو، تاخیر یا کاهش قهوه‌ای شدن می‌تواند یک ابزار مهم برای افزایش عمر پس از برداشت و حفظ کیفیت قارچ تکمه‌ای باشد.

فناوری فرش‌کات، ضمن حفظ تازگی محصول، محصولات بسیار مغذی، راحت و سالم را برای مشتریان فراهم می‌کند. قارچ‌های تکمه‌ای اسلایس شده محصولات حداقل فرآوری شده هستند که برای از بین بردن بقایای خاک و کاهش جمعیت میکروبی به منظور حفظ کیفیت حسی و بهداشتی به تیمار نیاز دارند. از طرفی دیگر، عمل بریدن، سبب گسترش باکتری‌ها روی سطوح بریده شده، کبودشدگی بیشتر به دلیل افزایش تماس و شکستن سلول-های هیف، فعال کردن پیش ماده‌ها و آنزیم‌ها برای شروع واکنش‌های آنزیمی قهوه‌ای شدن می‌شود[۷]. استراتژی‌های مختلفی به منظور کاهش قهوه‌ای شدن و افزایش عمر انباری قارچ خوراکی به فرم کامل و تازه بریده انجام شده است. مکانیسم احتمالی کاهش قهوه‌ای شدن در اثر کاربرد تیمارهای پس از برداشت، به طور کلی در اثر حفظ یکنواختی غشا، بهبود سیستم آنتی‌اکسیدانی و کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز می‌باشد[٦]. گاما آمینو بوتیریک اسید (GABA= γ-Aminobutyric acid) یک اسید آمینه غیرپروتئینی چهار کربنه است که در موجودات پروکاریوت و یوکاریوت یافت می‌شود[۸]. مقدار این آمینواسید در حالت طبیعی در داخل سلول کم می‌باشد، اما در پاسخ‌های به تنش‌های زیستی و غیرزیستی به سرعت و به مقدار زیاد انباشته می‌شود و در تنظیم وضعیت pH و H^+ سیتوزول و جلوگیری از تجمع گونه‌های فعال اکسیژن نقش دارد [۹]. در مورد تاثیر گابا به عنوان تیمار پس از برداشت در بهبود عمر انبارمانی و حفظ کیفیت میوه‌های مختلف گزارشات متعددی وجود دارد. در میوه موز، تیمار گابا با تجمع پرولین و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی، آسیب سرمازدگی را کاهش داد[۸]. گزارش شده است که کاربرد گابا گلابی را طی نگهداری بلند مدت در انبار سرد در برابر قهوه‌ای شدن محافظت کرد و علاوه بر کاهش شاخص قهوه‌ای شدن، میزان گونه‌های فعال اکسیژن و مالون دی‌آلدهید را نیز کاهش داد[۱۰]. هنگامی که میوه‌های کدو سبز طی دوره نگهداری در انبار سرد با گابا تیمار شدند، شاخص سرمازدگی و کاهش وزن در میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه-های نشده به طور معنی‌داری کمتر بود[۱۱]. در میوه انبه، حفظ سفتی میوه، اسید اسکوربیک و محتوای فنل و همچنین افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی و کاهش فعالیت آنزیمپلی‌فنل اکسیداز در میوه های تیمار شده با گابا بدست آمد[۱۲]. کاربرد گابا در میوه انار طی دوره پس از برداشت تأثیرات مثبتی در بهبود استحکام پوست و آریل میوه، فعالیت آنتی اکسیدانی، محتوای ترکیبات فنلی، عطر و طعم، طراوت بافت و شاخص‌های رنگ آریل داشته و باعث کاهش نشت یونی و تشکیل مالون دی آلدئید شده است[۱۳].

از آنجاییکه مطالعات بسیاری در مورد بررسی کیفیت قارچ تکمه-ای تازه به فرم کامل وجود دارد، ولی مطالعات اندکی در مورد قارچ تکمه‌ای به فرم تازه بریده وجود دارد. با این حال، بازار قارچ‌های تازه بریده به دلیل تقاضای مردم برای مصرف محصولات آماده برای مصرف و مناسب در حال افزایش است. همچنین تا کنون تحقیقی در مورد تاثیر کاربرد پس از برداشت

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

گابا بر عمر انبارمانی و کیفیت تغذیه‌ای قارچ تکمه‌ای به فرم تازه بریده صورت نگرفته است، لذا هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر کاربرد پس از برداشت گابا بر صفات قهوه‌ای شدن، کاهش وزن، متابولیسم فنول و شاخص نفوذپذیری غشا در قارچ تکمه‌ای تازه بریده می‌باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-تیمار قارچ‌ها و انبارمانی

قارچ‌های تکمه‌ای در مرحله بلوغ تجاری از شرکت تولیدکننده قارچ تکمه‌ای سادات در تبریز خریداری شد و تحت شرایط محیطی در مدت ۱ ساعت به آزمایشگاه پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل شد. قارچ‌های با اندازه یکسان و بدون آسیب دیدگی و قهوه‌ای‌شدگی انتخاب شدند،سپس قارچ‌ها در اندازه‌های ٤ mm با چاقوی تیز بریده شدند، و غوطه‌وری قارچ‌ها در غلظت‌های صفر، ۰/۰۱، ۰/۱، ۱ و ۱۰mM گابا به مدت ۵ دقیقه در دمای۲۵°C صورت گرفت. سپس قارچ‌ها از محلول گابا خارج شده و به مدت ٦۰دقیقه در دمای اتاق خشک شدند. پس از خشک شدن، قارچ‌های هر تکرار در بسته‌های۵۰۰ gr بسته‌بندی شده و در دمای ٤ °C و رطوبت ۹۰-۹۵٪ به مدت ۱۵ روز نگهداری شدند. در روز صفر و هر ۵ روز طی دوره انبارمانی قارچ‌های هر تکرار به دنبال ۲ ساعت نگهداری در دمای ۲۵ °C برای اندازه‌گیری صفات شاخص قهوه‌ای شدن،کاهش وزن و نشت یونی استفاده شدند. همزمان تعداد ۱۰ عدد اسلایس قارچ از هر تکرار هر تیمار نمونه‌گیری، مخلوط و در نیتروژن مایع پودر شدند و در دمای۸۰°C- به منظور اندازه-گیری صفات بیوشیمیایی نگهداری شدند.

۲-۲-شاخص قهوه‌ای شدن

برای محاسبه شاخص قهوه‌ای شدن (BI) عکس‌برداری از نمونه-های قارچ خوراکی در روزهای نمونه‌برداری انجام و محاسبه شاخص‌هایL^*، a^* و b^* در محیط نرم‌افزار فتوشاپ مشخص گردید، سپس شاخص قهوه‌ای شدن با استفاده از معادلات $X=(a^*+1.75L^*) / (5.645L^*+a^*- 0.3012b^*)$ و $BI=[100(X-0.31)]/0.172$ تعیین شد[۱٤].

۲-۳-کاهش وزن

برای اندازه‌گیری میزان کاهش وزن ابتدا وزن قارچ‌های خوراکی در زمان صفر (W_1) در تیمارها بدست آمد،سپس وزن ثانویه (W_2) در روزهای پنجم، دهم و پانزدهم انبارمانی اندازه‌گیری شد و میزان درصد کاهش وزن با استفاده از فرمول $= (W_1-W_2) / W_1 \times 100$ (٪)کاهش وزن،تعیین شد[۱۵].

۲-٤-محتوای اسید آسکوربیک

برای این منظورgr ۱ از بافت قارچ پودر شده با ml ۱۵ متافسفریک اسید ۵٪ مخلوط شد. سپس محلول حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ °C با دور ۱۲۰۰۰ سانتریفیوژ شد. ml ۵ از مخلوط صاف شده را برداشته و در لوله آزمایش ریخته شد و به آن ml ۰/۵ از ترکیب دی‌نیتروفنیل هیدرازین اضافه شد. سپس نمونه‌ها به دستگاه اسپکتروفتومتر انتقال داده شد و میزان جذب در طول موج nm ۵۱۵ قرائت شد و نتایج به صورت $mg\ kg^{-1}$ FW بیان شد[۱٦].

۲-۵-شاخص نفوذپذیری غشا

اندازه‌گیری نشت یونی با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی در روزهای نمونه‌برداری انجام شد[۱]. برای اندازه‌گیری مالون دی‌آلدهید (MDA) مقدارgr ۱ از بافت کلاهک قارچ پودر شده با ml ۱۵ بافر Tris-HCL (تریس-هیدروکلراید اسید) mM ۵۰(pH=۷/۸) که در درون ظرف یخ قرار داشت،مخلوط شد. سپس دردمای°C ٤ به مدت ۲۰ دقیقهبا سرعت ۱۰۰۰۰دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس ml ٤ از محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ برداشته شد و با ml ۰/۲ اسید تری‌کلرواستیک gL^{-1} ۲۰۰ و ml ۳/۸ اسید تیوباربیوتیک(Thiobarbituric acid)۰/٦٪ مخلوط شد و به مدت ۲۵ دقیقهدر حمام آب گرم با دمای°C ۱۰۰ گذاشته شدند. سپس محلول حاصل به سرعت سرد شد و به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شد. سپس نمونه‌ها به دستگاه اسپکتروفتومتر انتقال داده شدند و جذب محلول در طول موج‌های ۵۳۲، ٦۰۰ و ٤۵۰ nmقرائت شد. در نهایت میزان مالون دی‌آلدهید از طریق فرمول زیر محاسبه و به صورت $FW\mu mol\ kg^{-1}$ارائه شد[۱۷].

مالون دی‌آلدهید($\mu mol\ kg^{-1}$) =

$6.45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0.56 \times A_{450}$

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

۲-۶-محتوای فنل کل

اندازه‌گیری محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین سیوکالتو انجام شد[۱۸]. ml ۵۰ متانول به gr ۱ از پودر بافت کلاهک قارچ اضافه و در دمای $^{\circ}C$ ٤ به مدت ۱۵ دقیقه با دور ٦۰۰۰ سانتریفیوژ شد. µl ۲۰۰ از عصاره با ml ۱/۸۰ آب مقطر مخلوط شد، سپس ml ۱ از معرف فولین سیوکالتو به آن اضافه شد. محلول به دست آمده به مدت ۹۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق نگهداری شد. سپس به دستگاه اسپکتروفتومتر انتقال داده شد و جذب در طول موج nm ۷۵۰ قرائت شد. در نهایت، میزان فنل کل به صورت $FW\ mg\ GAE\ g^{-1}$ بیان شد.

۲-۷-فعالیت آنزیم‌های فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) و پلی‌فنل اکسیداز (PPO)

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL)، gr ۱ از بافت پودر شده کلاهک قارچ را در ml ۱۲ بافر فسفات پتاسیم (pH=7.3) حاوی mM ۱ EDTA و mM ۲ دی-تیوتریتول (Dithiothreitol) بر روی یخ مخلوط کرده و به مدت ۱۵ دقیقهدر دمای $^{\circ}C$ ٤ با دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شد. ml ۰/۸ از محلول رویی و mM ۵۰ ال- فنیل‌آلانین (۱۰ میلی‌مولار) را در بافر سدیم بورات (۲۰۰mM و pH= ۸/۸) مخلوط کرده و به مدت۹۰ دقیقهدر دمای $^{\circ}C$ ۳۷ نگهداری شد. محلول حاصل به دستگاه اسپکتروفتومتر انتقال داده شد و میزان جذب در طول موج ۲۹۰nm قرائت شد و فعالیت آنزیم PAL به صورت $U\ mg^{-1}\ protein$ ارائه شد[۱۹].

برای سنجش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) gr۱ از بافت کلاهک قارچ پودر شده را برداشته و در ml ۱۵ بافر فسفات پتاسیم (pH= 7.3) حاوی mM ۱ EDTA و mM ۲ دی-تیوتریتول بر روی یخ مخلوط کرده، سپس به مدت ۱۵ دقیقهدر دمای $^{\circ}C$ ٤ با دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شد. سپس ml ۰/۵ از محلول رویی را با ml ۲/۵ ترکیب بافری که حاوی mM ۱۰۰ فسفات سدیم (pH = ٦/٤) و mM ۵۰ کاتکول بود مخلوط شد. محلول حاصل به دستگاه اسپکتروفتومتر انتقال داده شد و میزان جذب در طول موج nm ۳۹۸ قرائت شد. میزان فعالیت آنزیم PPOبه صورت $U\ mg^{-1}\ protein$ ارائه شد[۱۹].

۲-۸-ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های مورد آزمایش بر اساس واکنش شیمیایی خنثی کنندگی رادیکال آزاد ۱و۱ دی فنیل ۲-پیکریل هیدرازین (DPPH) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج nm ۵۱۷ تعیین و به صورت ٪ ارائه شد[١٤].

۲-۹-آنالیز آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-شاخص قهوه‌ای شدن

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار گابا و زمان انبارمانی و برهمکنش آنها در مورد شاخص قهوه‌ای شدن قارچ تکمه‌ای تازه بریده در سطح ۱ ٪(p< ۰/۰۱)معنی‌دار بود (جدول ۱). مطابق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با افزایش زمان انبارمانی، شاخص قهوه‌ای شدن قارچ تکمه‌ای در همه‌ی نمونه‌ها به صورت معنی-داری افزایش یافت، ولی تیمار گابا شاخص قهوه‌ای شدن را نسبت به نمونه‌های شاهد به طور معنی‌داری کاهش داد (شکل ۱). در بین غلظت‌های گابا، غلظت mM ۱ تاثیر بیشتری در کاهش شاخص قهوه‌ای شدن قارچ تکمه‌ای تازه بریده داشت (شکل ۱)، بنابراین غلظت ۱mM به عنوان غلظت بهینه گابابرای انجام سایر مراحل آزمایشو بررسی صفات مورد نظر مورد استفاده قرار گرفت. رنگ سفید مهمترین شاخص کیفی از نظر مصرف-کننده در قارچ خوراکی است. برای افزایش بازارپسندی قارچ تکمه‌ای باید از قهوه‌ای شدن آن جلوگیری و رنگ سفید در طی انبارمانی حفظ شود[۲۰]. تاثیر گابا در کاهش شاخص قهوه‌ای شدن قارچ تکمه‌ای تازه بریده در آزمایش حاضر به دلیل اثر آنتی‌اکسیدانی آن در جاروب کردن گونه‌های فعال اکسیژن، افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی و همچنین کاهش نشت یونی و میزان مالون دی‌آلدهید می‌باشد که در نهایت منجر به کاهش قهوه‌ای شدن در قارچ‌ها می‌شود. نشان داده شده است که

میوه‌های زغال اخته تیمار شده با غلظت ۵ mM گابا به طور معنی‌داری درصد قهوه‌ای شدن کمتری داشتند. کاهش قهوه‌ای شدن در زغال اخته با نشت یونی و تجمع مالون دی‌آلدهید پایین همراه بود که سبب حفظ یکپارچگی غشا می‌شود و برای جلوگیری از قهوه‌ای شدن طی دوره انبارمانی ضروری می‌باشد[۲۱]. همچنین گزارش شده است که کاربرد گابا با غلظت ۵ mM، سبب کاهش معنی‌دار قهوه‌ای شدن پوست گلابی طی نگهداری بلندمدت در انبار سرد شد[۱۰].

Table 1 Analysis of variance of the effect of GABA postharvest treatment and storage time on the browning index of fresh cut button mushroom

		Means of Square
Sources of variance	df	Browning index
GABA	4	1137.34**
Storage time	2	7382.74**
GABA × Storage time	8	7.63**
Error	30	34.78
CV (%)	-	10.92

**: Significantly at the 1 % of probability level.

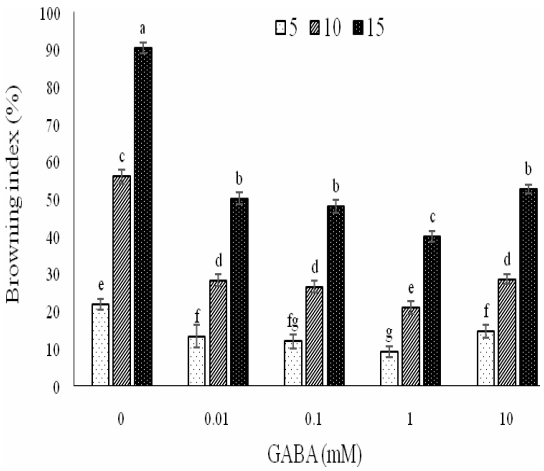

Fig 1 Effect of different concentrations of GABA on browning index of fresh cut button mushroom

۳-۲-کاهش وزن

تجزیه واریانس داده‌های کاهش وزن نشان داد که اثرات ساده گابا و زمان انبارمانی و برهمکنش این دو عامل در سطح احتمال ۱٪ (p< ۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۲). مطابق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با افزایش زمان انبارمانی درصد کاهش وزن قارچ تکمه‌ای به صورت معنی‌داری افزایش یافت، طوری که بیشترین درصد کاهش وزن در روز ۱۵ انبارمانی در تیمار شاهد به مقدار ۸/۴۸ ٪ بدست آمد. کاربرد تیمار گابا درصد کاهش وزن را نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش داد ولی در زمان‌های ۵ و ۱۰ اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های شاهد وجود نداشت (شکل 2A).در طول دوره پس از برداشت محصول، فعالیت‌های متابولیکی مانند تنفس و میزان تبخیر و تعرق ادامه دارد و چون ارتباط محصول با گیاه مادری قطع شده، موادی را که در اثر تنفس از دست می‌دهد، نمی‌تواند جایگزین کند، در این حالت از آب و ترکیبات ذخیره خود استفاده کرده که در نتیجه باعث کاهش وزن محصول شده و این نیز منجر به افزایش ضایعات می‌شود[۲۲]. قارچ تکمه‌ای یک محصول فرازگرا است که مقدار اولیه تنفس بالایی دارد[۱].این عمل احتمالا به دلیل تنش برداشت می‌باشد که قارچ را از منبع غذایی و آبی جدا می‌کند. بنابراین برای جلوگیری از کاهش وزن در پس از برداشت بایستی عواملی که منجر به شروع یا تسریع فعالیت‌های متابولیکی در بافت محصول می‌شوند، کنترل شوند. تیمارهای پس از برداشت علاوه بر شرایط نگهداری می‌توانند تا حدودی از میزان کاهش وزن طی دوره انبارمانی بکاهند. تاثیر گابا در حفظ وزن قارچ‌های تکمه‌ای تازه بریده در آزمایش حاضر می‌تواند به این صورت باشد که گابا با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از آسیب غشایی و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن جلوگیری کرده و با کاهش فعالیت‌های متابولیکی از اتلاف آب و کاهش وزن قارچ‌ها جلوگیری می‌کند. در آزمایشی که روی میوه‌های گوجه‌فرنگی[۲۳]و هلو[۲٤]انجام شده بود، گابا با حفظ شیره داخلی از کاهش وزن آنها جلوگیری کرده است، که نتایج ما با نتایج این محققان مطابقت دارد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

Table 2 Analysis of variance of the effect of GABA postharvest treatment and storage time on the quality characteristics of fresh cut button mushroom

		Means of Square							
Sources of variance	df	Weight loss	Ascorbic acid	Electrolyte leakage	MDA	Total phenol	DPPH	PAL	PPO
GABA	1	32.75**	304.79**	3291.03**	216.66**	0.744**	952.95**	2672.7**	106572.6**
Storage time	2	105.71**	258.02**	1960.92**	293.06**	0.619**	22.91*	1532.2**	126683.2**
GABA × Storage time	2	12.30**	27.75*	41.20**	34.17**	0.036^{ns}	256.99**	126.81**	26282.95**
Error	12	1.14	5.79	38.78	4.81	0.13	48.04	128.62	8587.03
CV (%)	-	13.27	12.38	17.98	21.35	7.07	2.62	10.63	15.18

**, *, ns: Significantly differences at the 1 and 5% of probability levels, and ns represent non-significant, respectively.

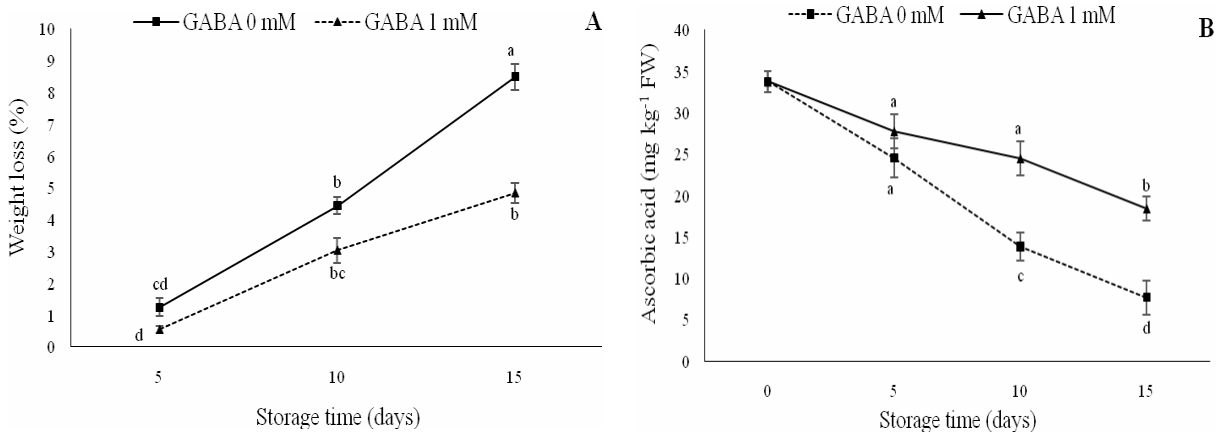

Fig 2 Effect of GABA on weight loss (A) and ascorbic acid (B) of fresh cut button mushroom

۳-۳-محتوای اسید آسکوربیک

مطابق نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده تیمار گابا و زمان انبارمانی در سطح ۱ ٪($p< ۰/۰۱$) و اثر متقابل این دو عامل در سطح ۵ ٪($p< ۰/۰۵$) بر محتوای اسید آسکوربیک قارچ تکمه‌ای تازه بریده معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با افزایش زمان انبارمانی میزان اسید آسکوربیک در نمونه‌های تیمار شده تا روز ۵ کاهش یافت، ولی از روز ۵ تا روز ۱۰ افزایش یافت که معنی‌دارنبود، دوباره از روز ۱۰ تا روز ۱۵ روند کاهشی معنی‌داری در پیش گرفت(شکل ۲B). در نمونه‌های شاهد نیز با افزایش زمان نگهداری میزان اسید آسکوربیک به طور معنی‌داری کاهش یافت. میزان اسید آسکوربیک در نمونه‌های تیمار شده با گابا نسبت به شاهد در زمان‌های اندازه‌گیری۱۰ و ۱۵به طور معنی‌داری بیشتر بود، ولی در روز ۵ اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های تیمار شده و تیمار نشده وجود نداشت (شکل ۲B).در اثر افزایش متابولیسم اکسیداتیو طی رسیدن میوه‌ها و دوره نگهداری، گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابند و اسید آسکوربیک نقش مهمی در سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن، به ویژه پراکسید هیدروژن دارد. بنابراین عواملی که سبب حفظ غشا و ساختار سلول گردند، باعث حفظ اسید آسکوربیک می‌گردند[۲۵]. در آزمایش حاضر میزان اسید آسکوربیک در قارچ‌های تیمار شده بیشتر بود. با توجه به نقش گابا در فعال کردن سیستم آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها، کاربرد گابا در قارچ تکمه‌ای تازه بریده نیز منجر به حفظ ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله ترکیبات فنلی و اسید آسکوربیک می‌شود و از تجزیه آن در طول دوره نگهداری توسط رادیکال‌های آزاد جلوگیری کرده و باعث حفظ آنها می‌شود. گزارش شده است که دلیل افزایش میزان اسید آسکوربیک در میوه‌های هلو که با گابا تیمار شده بودند می‌تواند فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی یا جلوگیری از فعالیت آنزیم آسکوربیک اسید اکسیداز باشد[۲۶].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

۳-٤-شاخص‌های نفوذپذیری غشا (نشت یونی و مالون دی‌آلدهید (MDA))

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد، اثرات ساده و متقابل گابا و زمان انبارمانی در سطح ۱ ٪(p< ۰/۰۱) بر شاخص‌های نفوذپذیری غشا معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی، نشت یونی در همه نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش داشت. نشت یونی در نمونه-های تیمار شده نسبت به شاهد در همه‌ی زمان‌های اندازه‌گیری کمتر بود و بیشترین میزان نشت یونی به مقدار ۷۲/۵٦ ٪ در روز ۱۵ تیمار شاهد بدست آمد (شکل ۳A).با افزایش زمان انبارمانی تا روز ۵، میزان مالون دی آلدهید در همه نمونه‌ها به تدریج افزایش یافت، ولی بعد از روز ۵، این افزایش به خصوص در نمونه‌های شاهد، سرعت بیشتری گرفت. میزان مالون دی‌آلدهید در نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد در همه‌ی زمان‌های اندازه‌گیری کمتر بود، ولی در زمان ۵ اختلاف معنی‌داری بین شاهد و تیمار گابا از نظر میزان مالون دی‌آلدهید مشاهده نشد (شکل ۳B).

غشای سلول‌ها از نخستین قسمت‌های میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشد که تحت تاثیر اثرات تنش ناشی از افزایش گونه‌های فعال اکسیژن قرار می‌گیرد، طوری که قهوه‌ای شدن آنزیمی اسلایس‌های قارچ رابطه‌ی نزدیکی با از دست رفتن ساختار غشا دارد[۲۷]. نشت یونی و میزان مالوندی‌آلدهید به عنوان نشانگرهای زیستی پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع غشا، می‌تواند برای ارزیابی کیفیت غشا مثل سیالیت و نفوذپذیری استفاده شود[۲۸]. کاربرد گابا در آزمایش حاضر سبب کاهش نشت یونی در قارچ-های تازه بریده تیمار شده با آن نسبت به قارچ‌های تیمار نشده شد. گابا با کاهش نشت یونی و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا که ناشی از فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز و فسفولیپاز D می‌باشد سبب کاهش شاخص قهوه‌ای شدن و حفظ کیفیت قارچ‌ها طی دوره نگهداری می‌شود، از طرفی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدان می‌شود. همچنین گابا سبب کاهش آسیب ناشی از سرمازدگی بر روی قارچ به خصوص غشای قارچ می‌شود که سبب جلوگیری از کاهش قهوه‌ای شدن قارچ‌ها ناشی از سرمازدگی و پیری می‌شود. تاثیر گابا در کاهش نشت یونی و میزان تجمع مالون دی‌آلدهید محصولات باغی طی انبار و قهوه‌ای شدن ناشی از آن در گل شاخه بریده آنتوریوم[۲۹]، موز[۸]، خیار[۳۰]و کدو سبز[۱۱]گزارش شده است. پیشنهاد شده است که گابا مانعی برای تجمع مالون دی‌آلدهید ناشی از پراکسیداسیون لیپیدها می‌باشد[۳۱].

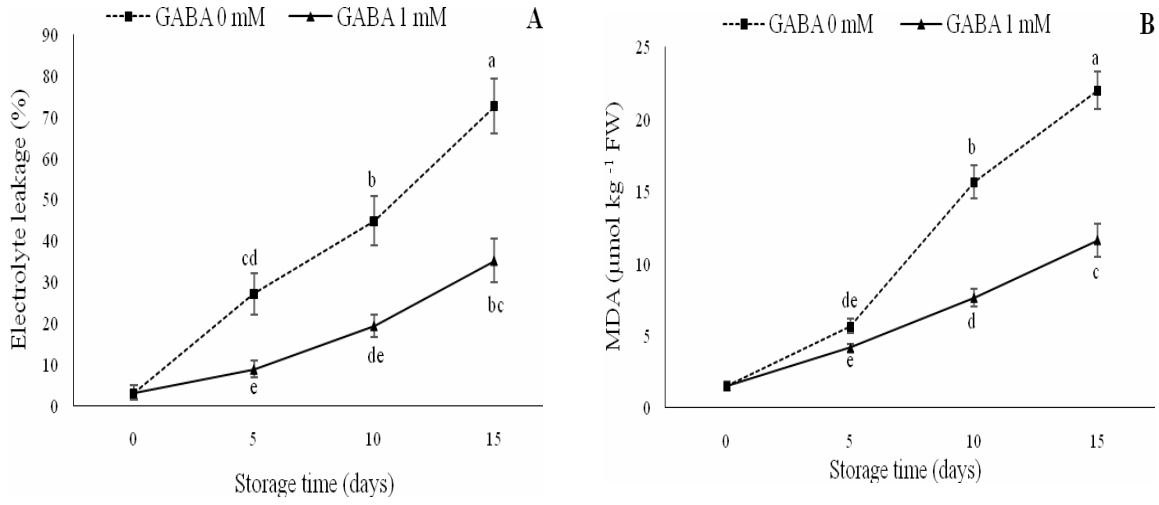

Fig 3 Effect of GABA on electrolyte leakage (A) and MDA accumulation (B) of fresh cut button mushroom

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

۳-۵-محتوای فنول کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد، اثرات ساده و متقابل گابا و زمان انبارمانی در سطح ۱ ٪(p< ۰/۰۱) بر محتوای فنل کل قارچ تکمه‌ای تازه بریده معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل این دو عامل معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش زمان انبارمانی، میزان فنول کل در نمونه‌های تیمار شده تا روز ۱۰ افزایش داشت ولی اختلاف معنی‌داری بین روزهای ۵ و ۱۰ وجود نداشت، بعد از روز ۱۰ هم روند کاهشیدر پیش گرفت(شکل ٤A). در نمونه‌های شاهد هم با افزایش زمان نگهداریمیزان فنول کل به طور معنی‌داری کاهش یافت. میزان فنول کل در نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد در همه‌ی زمان‌های اندازه‌گیری به طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل A ٤). ترکیبات فنولی از طریق به دام انداختن رادیکال‌های آزاد، دادن هیدروژن، جذب اکسیژن منفرد و جذب کردن یون‌های فلزی و موادی که مورد حمله سوپراکسیدها قرار می‌گیرند به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌نمایند. فنول‌ها می‌توانند اکسیداسیون لیپیدها را از طریق ممانعت از شروع یا انتشار واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیدکننده به تاخیر اندازند[۸]. کاربرد گابا در این آزمایش باعث شد که میزان فنول کل در قارچ‌های تازه بریده تیمار شده نسبت به تیمار نشده کاهش کمتری داشته باشد. کاهش ترکیبات فنولی در پس از برداشت میوه‌ها می‌تواند مرتبط با واکنش‌های آنزیمی و غیرآنزیمی باشد[۳۲]. مشابه با نتایج ما گزارش شده است که کاربرد تیمار گابا سبب افزایش معنی‌دار فنول کل در میوه هلو طی دوره انبارمانی شد که ناشی از تحریک فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و راه‌اندازی مسیر فنیل پروپانوئید توسط این آنزیم بود[۲٦]. گابا با تاثیری که بر تحریک فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز دارد باعث تولید ترکیبات فنولی شده و در نتیجه منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بافت میوه می‌گردد[۸]. ترکیبات فنلی در ارزش تغذیه‌ای و کیفیت میوه از طریق تغییر در رنگ، عطر و طعم موثر هستند. افزایش میزان فنل کل در میوه-انارطی دوره انبارمانی که با گابا تیمار شده بودند نیز مشاهده شده است[۱۳].

مطابق نتایج مقایسه میانگین اثر ساده گابا و برهمکنش گابا و زمان انبارمانی در سطح ۱ ٪(p< ۰/۰۱) و اثر ساده زمان انبارمانی در سطح ۵ ٪(p< ۰/۰۵) بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قارچ تکمه‌ای تازه بریده معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش زمان انبارمانی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های تیمار شده افزایش داشت ولی در نمونه‌های شاهد تا زمان ۵ افزایش داشت، ولی بعد از آن روند کاهشی به خود گرفت(شکل ٤B). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد در زمان‌های اندازه‌گیری ۱۰ و ۱۵ به طور معنی‌داری بیشتر بود، اما در روز ۵ اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های تیمار شده و تیمار نشده مشاهده نشد(شکل ٤B).

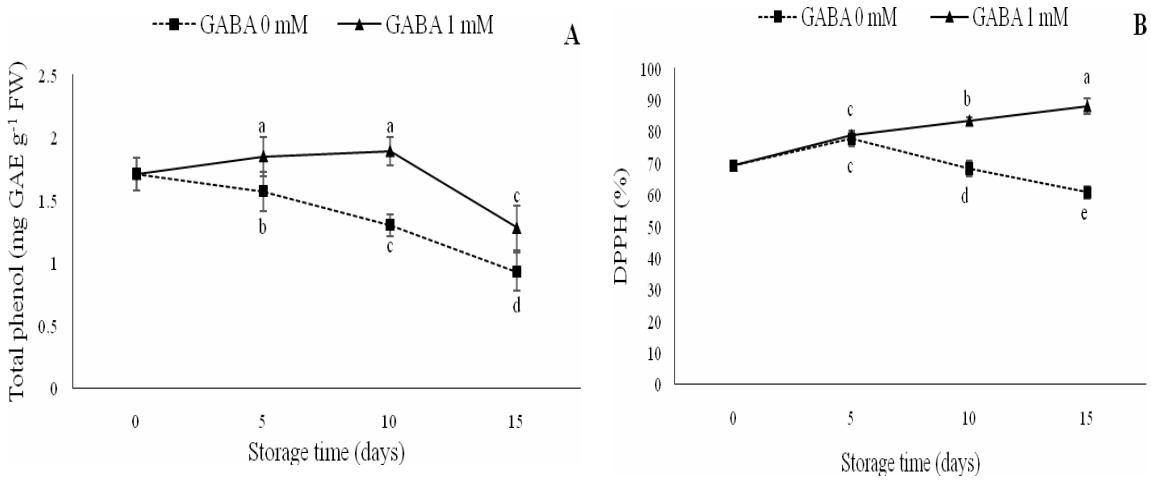

Fig 4 Effect of GABA on total phenol (A) and DPPH (B) of fresh cut button mushroom

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

گابا ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قارچ‌های تیمار شده را افزایش می‌دهد که موجب می‌شود توانایی قارچ‌های تیمار شده در مهار گونه‌های فعال اکسیژن افزایش یابد و همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بیشتر شود که در نهایت منجر به کاهش تنش اکسیداتیو و قهوه‌ای شدن در قارچ‌ها طی دوره انبارمانی به مدت ۱۵ روز در دمای ٤ °C می‌شود. از آنجایی که فعالیت مهار رادیکال DPPH به فنل‌ها، فلاونوئیدها و اسیدآسکوربیک نسبت داده می‌شود[۳۳]. پیشنهاد می‌شود که فنول‌ها و اسیدآسکوربیک نقش مهمی در افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قارچ‌ها دارد. گزارش شده است که فعالیت مهار رادیکال DPPH در میوه‌های هلو که با گابا تیمار شده بوند به طور معنی‌داری افزایش یافت که نشان دهنده‌ی تحریک فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های هلو توسط گابا می‌باشد[۲٦].

۳-٦-فعالیت آنزیم‌های فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) و پلی‌فنل اکسیداز (PPO)

تجزیه واریانس داده‌های آنزیم‌های PAL و PPO نشان داد که اثرات ساده گابا و زمان انبارمانی و برهمکنش این دو عامل در سطح احتمال ۱ ٪($p< ۰/۰۱$) معنی‌دار بود (جدول ۲).بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، با افزایش زمان انبارمانی، میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در نمونه‌های تیمار شده تا روز ۵ افزایش داشت، ولی بعد از آن روند کاهشی در پیش گرفت. در نمونه‌های شاهد هم با افزایش زمان نگهداری میزان فعالیت این آنزیم به طور معنی‌داری کاهش یافت(شکل A ۵). میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد در همه‌ی زمان‌های اندازه‌گیری به طور معنی‌داری بیشتر بود(شکل A ۵).میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز نیز، با افزایش زمان انبارمانی در همه‌ی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین میزان آن در روز ۱۵ در نمونه‌های شاهد به مقدار U protein $^{-1}$mg ٤٧٣/٥٤ بود(شکل B ۵). میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد در همه‌ی زمان‌های اندازه‌گیری کمتر بود، ولی در روز ۵ اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد(شکل B ۵).

فنیل آلانین آمونیالیاز یکی از آنزیم‌های اصلی درگیر در بیوسنتز فنول‌ها، می‌تواند تحت تاثیر فاکتورهای تنش قرار گیرد و افزایش فنیل آلانین آمونیالیاز باعث افزایش میزان فنول کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در انواع میوه‌ها و سبزیجات می‌شود[۳٤]. تصور می‌شود که فنول‌ها و فنیل آلانین آمونیالیاز در کاهش تنش طی دوره انباری نقش دارند. کاربرد گابا در این آزمایش باعث شد که فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در قارچ‌های تیمار شده کاهش کمتری داشته باشد. در واقع بالا بودن فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز سبب افزایش بیوسنتز فنل‌ها شده و افزایش فنل‌ها سبب کاهش میزان گونه‌های فعال اکسیژن در قارچ‌ها شده که موجب افزایش کیفیت و کاهش قهوه‌ای شدن در قارچ‌های تیمار شده طی ۱۵ روز انبارمانی در دمای ٤ °C می‌شود. افزایش ترکیبات فنولی در ارتباط با افزایش در میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز همراه بوده است که باعث تولید ترکیبات ثانویه از جمله ترکیبات فنول می‌گردد[۲٦].

بر اساس نتایج ما با افزایش زمان انبارمانی میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در همه‌ی قارچ‌های تازه بریده افزایش یافت. بر اثر افزایش میزان آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و تماس آن با سوبسترای فنولی موجود در سلول‌ها کوئینین تشکیل می‌شود. کوئینین‌ها ترکیبات خیلی واکنش‌پذیر بوده و با خودشان و دیگر ترکیبات سلولی به شکل رنگیزه‌های ملانین قهوه‌ای رنگ واکنش می‌دهند، که نهایتاً بافت قارچ قهوه‌ای می‌گردد[۳۵]. اعتقاد بر این است پلی‌فنل اکسیداز در رابطه با تنش پس از برداشتی در نقطه مقابل فنیل آلانین آمونیالیاز قرار دارد. در رابطه با تاثیر گابا در کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز گزارشات زیادی ارائه شده است که همسو با نتایج ما هستند و نشان‌دهنده اثر مثبت گابا در حفظ کیفیت پس از برداشت میوه‌ها و سبزیجات طی دوره انبارمانی در انبار سرد و تنش‌های پس از برداشتی می‌باشد. در همین راستا گزارش دادند که افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در میوه-های پرتقال خونی با افزایش آسیب سرمازدگی همراه بود که کاربرد گابا توانست میزان فعالیت این آنزیم را در میوه‌های تیمار شده به طور معنی‌داری کاهش دهد[۳٦]. همچنینثابت شده است که کاربرد گابا گلابی‌ها را طی نگهداری بلند مدت در انبار سرد در برابر قهوه‌ای شدن محافظت کرد که با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز همراه بود[۱۰].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

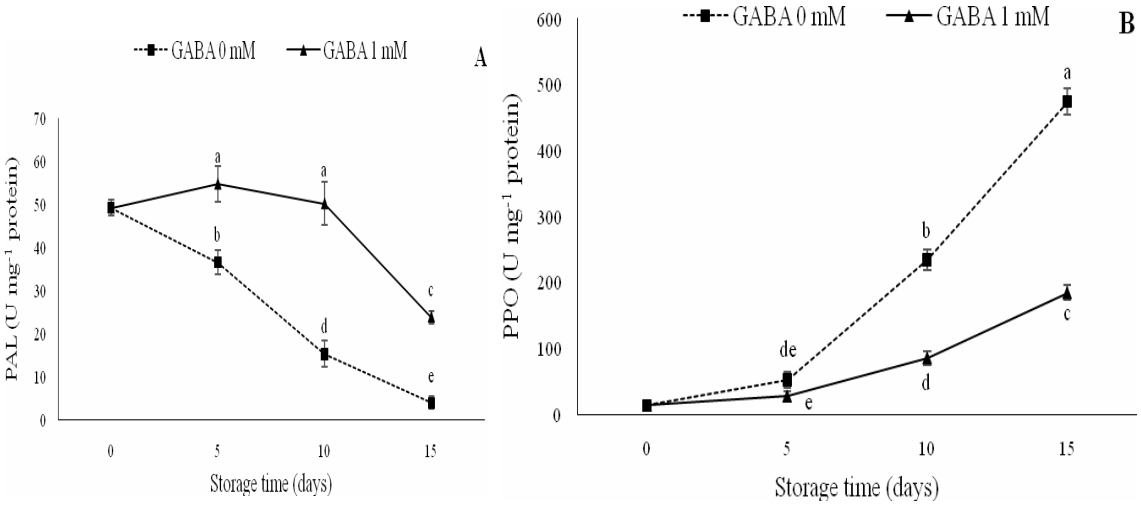

Fig 5 Effect of GABA on PAL (A) and PPO (B) activity of fresh cut button mushroom

٤-نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده کاربرد پس از برداشتگابا در غلظت ۱mM در قارچ تکمه‌ای تازه بریده، سبب تاخیر درقهوه-ای شدن اسلایس‌های قارچ تکمه‌ای نسبت به قارچ‌های شاهد طی نگهداری به مدت ۱۵ روز در دمای ٤ ˚C شد و نسبت به سایر غلظت‌های گابا نتایج بهتری ارائه داد. نشت یونی و تجمع مالون دی‌آلدهید در قارچ‌های تکمه‌ای تیمار شده با غلظت mM ۱ گابا نسبت به قارچ‌های تکمه‌ای شاهد کاهش یافت که همراه با کاهش از دست‌دهی وزن در این نمونه‌ها بود. فعالیت بالای مسیر فنیل پروپانوئید با تجمع بالای ترکیبات فنولی در قارچ‌های تکمه-ای تیمار شده با غلظت ۱mM گابا همراه بود که ناشی از فعالیت بالای آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز نسبت به آنزیم پلی‌فنل اکسیداز بود. افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال DPPH در قارچ‌های تازه بریده تیمار شده با غلظت ۱mM گابا ناشی از افزایش تجمع ترکیبات فنولی و اسید آسکوربیک در این قارچ‌ها بود. به طور کلی امروزه تمایلات زیادی به استفاده از ترکیبات سالم در فناوری پس از برداشت محصولات باغبانی وجود دارد، که ترکیبات فعال موجود در گیاهان مانند گابا نمونه‌ای از این ترکیبات هستند و می‌تواند به عنوان یک روش موثر و ایمن در کاهش قهوه‌ای شدن قارچ تکمه‌ای تازه بریده و حفظ کیفیت تغذیه‌ای قارچ‌ها طی نگهداری و سایر محصولات باغبانی استفاده گردد.

٥-منابع

[1] Meng, D., Song, T., Shen, L., Zhang, X.,& Sheng, J. (2012). Postharvest application of methyl jasmonate for improving quality retention of *Agaricus bisporus* fruit bodies. *Journal of Agriculture of Food Chemistry*, 60(23), 6056-6062.

[2] Ye, J., Li, J., Han, X., Zhang, L., Jiang, T.,& Xia, M. (2012). Effects of active modified atmosphere packaging on postharvest quality of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) stored at cold storage. *Journal of Integrative Agriculture*, 11, 474–482.

[3] Qin, Y.Y., Liu, D., Wu, Y., Yuan, M. L., Li, L.,& Yang, J.Y. (2015). Effect of PLA/PCL/cinnamaldehyde antimicrobial packaging on physicochemical and microbial qualityof button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology*, 99, 73–79.

[4] Mahajan, P.V., Oliveira, F.A.R.,& Macedo, I. (2008). Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 84, 281–288.

[5] Sharma, S., Sunil, P., Narashans, S., Daniel, V.,& Maria, S. (2017). Modulatory effects of exogenously applied polyamines on postharvest physiology, antioxidant system and shelf life of fruits: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 18, 1789–

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

1806.
[6] Jahangir, M.M., Jiang, T., Jiang, Z., Amjad, M.,& Ying, T. (2011). Effect of spermineon bioactive components and antioxidant properties of sliced button mushroom (*Agaricus bisporus*) during storage. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13,771–775.
[7] Oms-Oliu, G., Aguiló-Aguayo, I., Martín-Belloso, O.,& Soliva-Fortuny, R. (2010). Effects of pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of fresh-cut mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Postharvest Biology and Technology*, 56(3), 216-222.
[8] Wang, Y., Luo, Z., Huang, X., Yang, K., Gao, S.,& Du, R. (2014). Effect of exogenous γ-aminobutyric acid (GABA) treatment on chilling injury and antioxidant capacity in banana peel. *Scientia Horticulturae*, 168, 132-137.
[9] Nayyar, H., Kaur, R., Kaur, S.,& Singh, R. (2014). γ-Aminobutyric acid (GABA) imparts partial protection from heat stress injury to rice seedlings by improving leaf turgor and upregulating osmoprotectants and antioxidants. *Plant Growth Regulation*, 33, 408-419.
[10] Li, J., Zhou, X., Wei, B., Cheng, S., Zhou, Q.,& Ji, S. (2019). GABA application improves the mitochondrial antioxidant system and reduces peel browning in 'Nanguo'pears after removal from cold storage. *Food chemistry*, 297, 124903.
[11] Palma, F., Carvajal, F., Munoz, R., Pulido, A., Jamilena, M.,& Garrido, D. (2019). Exogenous γ-aminobutyric acid treatment improves the cold tolerance of zucchini fruit during postharvest storage. *Plant Physiology and Biochemistry*, 136, 188-195.
[12] Rastegar, S., Khankahdani, H.H., & Rahimzadeh, M. (2020). Effects of melatonin treatment on the biochemical changes and antioxidant enzyme activity of mango fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 259, 108835
[13] Nazoori, F., Zamani Bahramabadi, E., Mirdehghan, S. H.,& Rafie, A. (2020). Extending the shelf life of pomegranate (*Punica granatum* L.) by GABA coating application. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(5), 2760-2772.
[14] Dokhanieh, A.Y.,& Aghdam, M.S. (2016). Postharvest browning alleviation of *Agaricusbisporus*using salicylic acid treatment. *Scientia Horticulturae*, 207, 146–151.
[15] Nasiri, M., Barzegar, M., Sahari, M.A.,& Niakousari, M. (2017). Tragacanth gum containing *Zataria multiflora* Boiss. Essential oil as a natural preservative for storage of button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food Hydrocolloids*, 72, 202–209.
[16] Terada, M., Watanabe, Y., Kunitomo, M.,& Hayashi, E. (1978). Differential rapid analysis of ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. *Analytical Biochemistry*, 84(2), 604-608.
[17] Hodges, D.M., DeLong, J.M., Forney, C.F.,& Prange, R.K. (1999). Improving thethiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidationin plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds.*Planta*, 207, 604–611.
[18] Singleton, V.L.,& Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
[19] Nguyen, T., Ketsa, S.,& van Doorn, W.G. (2003). Relationship between browning and the activities of polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology,* 30(2), 187-193.
[20] Meng, D.M., Zhang, Y.X., Yang, R., Wang, J., Zhang, X.H., Sheng, J.P.,& Fan, Z.C. (2017). Arginase participates in the methyl jasmonate-regulated quality maintenance of postharvest *Agaricus bisporus* fruit bodies. *Postharvest Biology and Technology*, 132, 7–14.
[21] Rabiei, V., Kakavand, F., Zaare‐Nahandi, F., Razavi, F.,& Aghdam, M.S. (2019). Nitric oxide and γ-aminobutyric acid treatments delay senescence of cornelian cherry fruits during postharvest cold storage by enhancing antioxidant system activity. Scientia horticulturae, 243, 268-273.
[22] Hung, D.V., Tong, S., Tanaka, F., Yasunaga, E., Hamanaka, D., Hiruma, N.,& Uchino,T. (2011).Controlling the weight loss of fresh produs during postharvest storage under anano-size mist environment. *Food*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

Hatamnia, A.A.,& Mehr, R.S. (2017). Impact of postharvest exogenous γ-aminobutyric acid treatment on cucumber fruit in response to chilling tolerance. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 23(4), 827-836.

[31] Deng, Y., Xu, L.J., Zeng, X., Li, Z.Y., Qin, B.B.,& He, N.Y. (2010). New perspective of GABA as an inhibitor of formation of advanced lipoxidation end-products: it's interactionwith malondiadehyde. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 6, 318-324.

[32] Khademi, Z.,& Ershadi, A. (2013). Postharvest application of salicylic acid improves storability of peach (*Prunus perica* cv. Elberta) fruits. *Journal of Agriculture and Crop Science*, 5(6), 651-655.

[33] Aghdam, M.S., Sevillano, L., Flores, F.B.,& Bodbodak, S. (2013). Heat shock proteins as biochemical markers for postharvest chilling stress in horticultural crops. *Scientia Horticulture*, 160, 54–64.

[34] Tareen, M.J., Abbasi, N.A.,& Hafiz, I.A. (2012). Postharvest application of salicylic acid enhanced antioxidant enzyme activity and maintained quality of peach cv. 'Flor-daking' fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 142, 221-228.

[35] Nerya, O., Ben-Arie, R., Luzzatto, T., Musa, R., Khative, S.,& Vaya, J. (2006). Prevention of *agaricus* postharvest browning with tyrosinase inhibitors. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 272 –277.

[36] Habibi, F., Ramezanian, A., Rahemi, M., Eshghi, S., Guillén, F., Serrano, M.,& Valero, D. (2019). Postharvest treatments with γ - aminobutyric acid, methyl jasmonate, or methyl salicylate enhance chilling tolerance of blood orange fruit at prolonged cold storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(14), 6408-6417.

Engineering, 106, 325-330.

[23] Makino, Y., Soga, N., Oshita, S., Kawagoe, Y.,& Tanaka, A. (2008). Stimulation of γaminobutyric acid production in vine-ripe tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits under modified atmospheres. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 7189-7193.

[24] Shang, H.T., Cao, S.F., Yang, Z.F., Cai, Y.T.,& Zheng, Y.H. (2011). Effect of exogenousγ-aminobutyric acid treatment on proline accumulation and chilling injury in peach fruit after long-term cold storage. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59, 1264-1268.

[25] Spinardi, A.M. (2005). Effect of harvest data and storage on antioxidant systems in pears. *Acta Horticulture,* 682, 10-18.

[26] Aghdam, M.S., Razavi, F.,& Karamneghad, F. (2016). Maintaining the postharvest nutritional quality of peach fruits by γ-Aminobutyric acid. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 5(4), 1457-1463.

[27] Jiang, T. (2013). Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 91–97.

[28] Aghdam, M.S.,& Bodbodak, S. (2013). Physiological and biochemical mechanismsregulating chilling tolerance in horticultural crops under postharvestsalicylates and jasmonates treatments. *Scientia Horticulture*, 156, 73–85.

[29] Aghdam, M.S., Naderi, R., Jannatizadeh, A., Sarcheshmeh, M.A.A.,& Babalar, M. (2016). Enhancement of postharvest chilling tolerance of anthurium cut flowers by γ-aminobutyric acid (GABA) treatments. *Scientia Horticulturae*, 198, 52-60.

[30] Malekzadeh, P., Khosravi-Nejad, F.,

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Postharvest treatment with GABA to maintain nutritional quality and improve shelf life of fresh cut of *Agaricus bisporus*

Shekari, A. [1], Nagshiband Hassani, R. [1*], Soleimani Aghdam, M. [2]

1. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
2. Department of Horticultural Science, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 05/ 01
Accepted 2022/ 09/ 13

Keywords:

Storage,
Fresh cut button mushroom,
Browning,
GABA.

DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45
DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5

*Corresponding Author E-Mail:
naghshiband@tabrizu.ac.ir

ABSTRACT

In order to investigate the effect of GABA postharvest treatment on storage life and nutritional quality of fresh cut button mushroom, mushrooms treatment with five concentrations (0, 0.01, 0.1, 1 and 10 mM) of GABA done, and stored in the refrigerator for 15 days at a temperature of 4 °C and a relative humidity of 90±5 %, and the mushroom were sampled on days 0, 5, 10 and 15. The results showed that the concentration of 1 mM GABA had a greater effect on reducing the browning index of fresh cut button mushrooms than other concentrations of GABA. Reduction of electrolyte leakage and accumulation of malondialdehyde was observed in fresh cut mushrooms treated with a concentration of 1 mM GABA, which reduced weight loss in these mushrooms. High activity of phenylalanine ammonialyase enzyme in mushroom treated with 1 mM GABA increased the content of phenolic compounds which was associated with decreased activity of polyphenol oxidase enzyme. An increase in antioxidant capacity was observed in 1 mM GABA-treated mushrooms, which was accompanied by a significant increase in ascorbic acid accumulation in these mushrooms. Therefore, GABA as a safe and effective method can be used to increase the shelf life of fresh cut button mushrooms.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-11]
[DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.131.4.5]
[DOI: 10.22034/FSCT.19.131.45]