نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 11، شماره 1، بهار 1394، ص. 30-22

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 1, Spring 2015, p. 22-30

بررسی روش‌های مختلف نگهداری و بسته‌بندی قارچ دکمه‌ای سفید برای افزایش دوره ماندگاری

ناصر صداقت[1*] - نفیسه واحدی[2]

تاریخ دریافت: 1391/07/22
تاریخ پذیرش: 1391/10/9

چکیده

در این پژوهش، کیفیت قارچ‌های دکمه‌ای سفید (Agaricus bisporus) تیمارشده با آب و اسیدسیتریک در طی دوره نگهداری در شرایط دمایی مختلف (دمای محیط و یخچال) و بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل‌یافته (با در نظرگرفتن CO_2 4±1% ، O_2 6±1% و بقیه گاز ازت در داخل بسته) با و یا بدون جاذب رطوبت (سیلیکاژل) مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها از نظر پارامترهای حسی (بافت، رنگ و فساد)، رنگ‌سنجی و میزان تنفس طی دوره نگهداری 12 روزه ارزیابی شدند. نتایج نشان دادند که از بین کلیه تیمارها، نمونه‌های تیمارشده با آب بسته‌بندی‌شده با اتمسفر تعدیل‌یافته که در داخل بسته آن‌ها جاذب الرطوبه قرار گرفته بود و نیز در دمای یخچال نگهداری شده بودند بالاترین امتیازهای حسی را کسب نمودند. این نمونه از نظر ترکیب گاز داخل بسته نیز سطح بهینه را حفظ نمود. در نهایت مدت زمان نگهداری بهینه، 8 روز تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل‌یافته، سیلیکاژل، قارچ دکمه‌ای سفید، نگهداری.

مقدمه

با توجه به طعم مطلوب، آروما و ارزش تغذیه‌ای قارچ (منبعی غنی از اسیدهای آمینه ضروری متعدد، ویتامین‌ها و مواد معدنی)، مصرف آن رو به افزایش است. قارچ‌ها دوره ماندگاری کوتاه 4-3 روزه دارند، زیرا فاقد کوتیکول محافظ در برابر حملات فیزیکی یا میکروبی یا افت رطوبت می‌باشند (Tao *et al*., 2006 و Tao *et al*., 2007). برای حصول بهترین کیفیت مصرف، کنترل و بهینه‌سازی شرایط نگهداری پس از برداشت بسیار ضروری است. افت کیفیت قارچ پس از برداشت، ناشی از رشد فیزیولوژیکی آن و دیگر تغییرات متابولیک پس از برداشت (قهوه‌ای شدن) و فسادهای میکروبی است (Kuyper *et al*., 1993). روش‌هایی که سبب افزایش ماندگاری قارچ‌ها می‌شوند باید رشد باکتریایی، قهوه‌ای‌شدن آنزیمی یا متابولیسم قارچی را کاهش دهند (Brennan *et al*., 1998). از اسیدسیتریک به‌صورت ایجاد یک محلول اسیدی برای نگهداری قارچ استفاده شده است. کلیه اسیدهای آلی به دلیل pH پایین و نیز ترکیب مولکول اسید با سلول باکتریایی، نقش ضدمیکروبی دارند. از اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید (EDTA) نیز که یک چلات‌کننده فلزی است در نگهداری قارچ استفاده شده است. با توجه به یافته‌های علمی، استفاده از اسیدسیتریک نسبت به EDTA بیشتر ترجیح داده می‌شود (Brennan *et al*., 1998). از ترکیبات ضدمیکروبی نظیر سدیم متابی‌سولفیت، نایسین و دی‌استیل نیز استفاده شده است. سدیم متابی‌سولفیت به‌عنوان نگهدارنده و عامل سفیدکننده و نایسین عامل ضدمیکروبی باکتری‌های گرم مثبت می‌باشد. در بکارگیری دی‌استیل، نتایج هیچ تفاوت معنی‌داری با قارچ‌های شاهد که فقط در آب غوطه‌ور شده بودند نشان ندادند. از ویتامین E، ویتامین C و عصاره‌های رزماری نیز در نگهداری قارچ استفاده شده است، اما هیچ‌یک از این ترکیبات نتوانستند تاثیر مفیدی بر سفیدی و کیفیت قارچ‌ها داشته باشند (Brennan *et al*., 1998 و Lopez-Briones *et al*., 1993).

تیمارهای بسته‌بندی نیز برای نگهداری قارچ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. حرکت آب در بسته‌های قارچ می‌تواند تاثیر زیادی بر دوره ماندگاری قارچ داشته باشد. قارچ‌ها هیچ مانعی در برابر افت رطوبت ندارند و بدون بسته‌بندی سریعا خشک می‌شوند. اما بسته‌بندی با فیلم‌های پلاستیکی نیز مشکلاتی ناشی از مرطوب شدن اتمسفر داخل بسته و کندانس‌شدن را در پی دارد. رطوبت موجود در سطح قارچ، رشد باکتری‌ها را تسریع کرده و دوره ماندگاری را کوتاه می‌نماید. برای رفع این مشکل از کیسه‌های جاذب رطوبت برای

1 و2- به ترتیب دانشیار و دانش‌آموخته دکتری گروه علوم و صنایع‌غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: Email: sedaghat@ferdowsi.um.ac.ir)

کاهش فساد باکتریایی و افزایش دوره ماندگاری استفاده شد. بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل‌یافته[1] که در آن نسبت‌های CO_2 و O_2 در اتمسفر اطراف فرآورده تغییر داده می‌شود، یکی از روش‌هایی است که برای طولانی‌کردن ماندگاری فرآورده‌های فسادپذیر استفاده می‌شود (Illeperuma *et al*., 2004 ، Roy *et al*., 1995 و Villaescusa *et al*. 2003).

در این پژوهش از بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل‌یافته برای بررسی ماندگاری قارچ‌ها استفاده شد و قارچ‌ها قبل از بسته‌بندی تحت تیمار محلول اسیدسیتریک و آب معمولی قرار گرفته و در نهایت با نمونه شاهد مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، ابتدا قارچ‌های دکمه‌ای سفید (Agaricus bisporus) از سوپر مارکت‌های محلی خریداری و سپس به سه گروه تقسیم شدند. گروه اول به مدت 10 دقیقه در محلول 30 گرم در لیتر اسیدسیتریک وگروه دوم 10 دقیقه در آب معمولی قرار گرفتند و گروه سوم بدون هیچ تیماری به‌عنوان گروه شاهد انتخاب شدند. برای بسته‌بندی، قارچ‌ها در ظروف یکبار مصرف از جنس پلی‌اتیلن با دانسیته بالا[2] قرار گرفتند و در نمونه‌های تیمارشده با آب و اسیدسیتریک، در نیمی از بسته‌ها از کیسه‌های حاوی 5 گرم سیلیکاژل به‌عنوان جاذب رطوبت استفاده شد. سپس ظروف حاوی نمونه در کیسه‌های پلاستیکی پنج‌لایه (دو لایه پلی‌اتیلن، دولایه پلی‌آمید و یک لایه چسب) به ضخامت 80 میکرون تامین‌شده از مرکز تحقیقات بسته‌بندی موادغذایی دانشگاه فردوسی مشهد[3] قرار گرفته و با استفاده از دستگاه بسته‌بندی هنکلمن[4] مدل 200A تحت روش بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل‌یافته (1±4% CO_2، 1±6% O_2 و بقیه گاز ازت) بسته‌بندی شدند. نمونه‌های شاهد، با استفاده از فیلم‌های پلاستیکی استرچ از جنس پلی‌اتیلن با دانسیته پایین[5] بسته‌بندی شدند. شرایط نگهداری بسته‌ها، به دو صورت نگهداری در یخچال و نگهداری در محیط تعریف شد و آزمون‌ها در روز اول، چهارم، هشتم و دوازدهم نگهداری انجام شدند.

آزمون‌های انجام شده روی نمونه‌ها شامل آزمون‌های حسی (بافت، رنگ ظاهری، فساد و بوی تخمیر) به روش هدونیک پنج نقطه‌ای، رنگ‌سنجی و ارزیابی تغییرات میزان گازهای موجود در بسته شامل CO_2 و O_2 بودند و در سه تکرار انجام شدند. نقطه رد انتخاب شده برای آزمون‌های حسی، امتیاز 4/5 بود که امتیازهای کمتر از این مقدار منجر به ردشدن نمونه می‌شدند. برای ارزیابی پارامترهای L*a*b*، ابتدا سطح نمونه‌ها با استفاده از اسکنرHP مدل4010 G با وضوح تصویر 300 dpi اسکن شدند و در مرحله بعد با کراپ کردن سطح مورد نظر از نمونه، با استفاده از نرم‌افزار ImageJ 1.40g به‌وسیله برنامه Color_Space_Converter تصاویر به CIE XYZ و سپس به L*a*b*تبدیل گردید. در این فضای رنگی مولفه L* معادل روشنایی تصویر است که دامنه آن بین صفر معادل مشکی و 100 معادل انعکاس کامل نور است؛ مقادیر مولفه a* نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است؛ مقادیر b* نیز نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است. این سیستم رنگی، عملکردی مشابه چشم انسان دارد و برخلاف فضاهای RGB و HSI متاثر از وسیله عکسبرداری نیست. در اکثر موارد، در پژوهش‌های صنایع‌غذایی از فضای رنگی L*a*b* استفاده می‌شود (محبی، 1386). برای بررسی میزان CO_2 و O_2 موجود در بسته از دستگاه اندازه‌گیری دیجیتال با نام تجاری Oxy Baby استفاده شد که این سیستم مقادیر گازها را به‌صورت درصد نشان می‌داد.

نتایج در قالب آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار Mstat C و MINITAB آنالیز شده و نمودارها در نرم‌افزار Excel رسم شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح $\alpha = 0/05$ انجام شد.

در جدول و کلیه شکل‌ها، نمادهای به‌کاررفته به این مفهوم هستند:

- Acid : نمونه تیمارشده با اسیدسیتریک فاقد جاذب الرطوبه؛ Acid + : نمونه‌تیمارشده با اسیدسیتریک دارای جاذب الرطوبه؛ - Water : نمونه‌تیمارشده با آب فاقد جاذب الرطوبه؛ + Water : نمونه تیمارشده با آب دارای جاذب الرطوبه؛ Control : نمونه شاهد بسته‌بندی شده با استفاده از فیلم استرچ.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس در جدول 1 نشان داده شده است.

آزمون‌های حسی

بافت

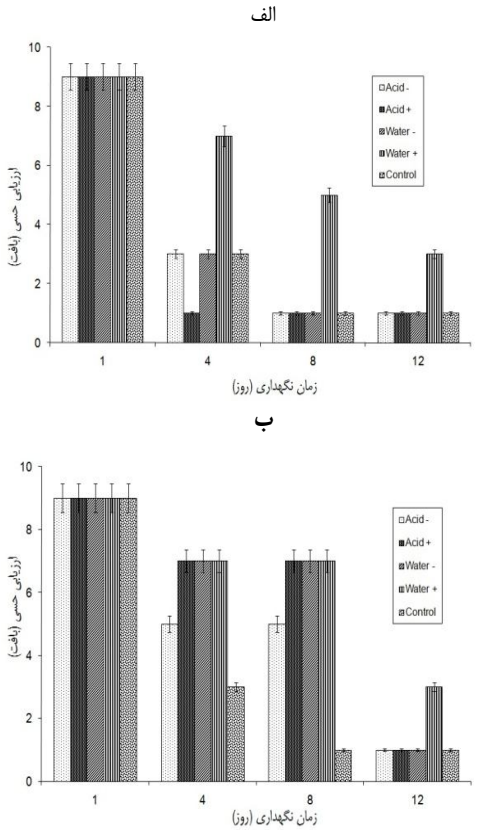
برای ارزیابی بافت از پانلیست‌ها خواسته شد تا قارچ را بین انگشت شست و اشاره فشار داده و از تست هدونیک پنج نقطه‌ای (بسیار سفت و متورم= 9، سفت= 7، نسبتا سفت= 5، نرم= 3 و بسیار نرم= 1) برای امتیازدهی استفاده گردید.

1- Modified Atmosphere Packaging (MAP)
2- High Density Poly Ethylene (HDPE)
3 - Reasearch Center of Food Packaging (RCFP)
4- Henkelman
5- LowDensity Poly Ethylene (LDPE)

جدول 1- نتایج آنالیز واریانس آزمون‌های حسی و دستگاهی قارچ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		بافت	رنگ ظاهری	فساد	L*	a*	b*	CO2	O2
شرایط نگهداری	1	41/34	86/26	38/76	0/36	0/06	38/18	685/85	12/17
روز	3	797/36	699/45	292/62	2038/68	2/06	1777/9	1044/94	336/00
تیمار	5	82/83	41/33	50/0	248/45	8/77	725/09	295/33	72/23
شرایط نگهداری × روز	3	37/03	35/45	245/62	3/39	0/02	25/15	474/5	23/52
شرایط نگهداری × تیمار	5	33/5	21/33	23/33	104/34	3/51	131/46	812/48	14/16
روز × تیمار	15	51/17	37/33	72/67	355/34	11/45	495/62	175/72	59/15
شرایط نگهداری × روز × تیمار	15	36/5	17/33	24/67	40/15	1/34	53/26	379/98	21/05

همان‌طور که در شکل 1- الف دیده می‌شود، در شرایط نگهداری نمونه‌ها در دمای محیط، کلیه نمونه‌ها به استثناء نمونه تیمارشده با آب دارای جاذب الرطوبه، روند کاهشی شدیدی از خود نشان دادند اما نمونه مذکور حتی در روز 8، امتیاز 5 را کسب نمود که نماد سفتی نسبی نمونه است. در روز دوازدهم، بافت کلیه نمونه‌ها بسیار نرم بود اما نمونه تیمارشده با آب همراه با جاذب الرطوبه امتیاز نرم را به خود اختصاص داد.



شکل 1- تاثیر زمان نگهداری بر کیفیت بافت قارچ دکمه‌ای در: الف- دمای محیط و ب- دمای یخچال

در شرایط نگهداری در یخچال، تا روز هشتم، نمونه‌های تیمارشده با اسیدسیتریک همراه با جاذب الرطوبه، آب فاقد جاذب الرطوبه و آب همراه با جاذب الرطوبه امتیاز 7 (سفتی نسبی) را به خود اختصاص دادند اما امتیاز بافت در بقیه نمونه‌ها کمتر بود. در روز 12، بافت کلیه نمونه‌ها بسیار نرم ارزیابی شد به استثناء نمونه تیمارشده با آب همراه با جاذب الرطوبه که بافت نرمی داشت (شکل 1- ب). این نتایج با یافته‌های حاصل از پژوهش Villascusa و همکاران (2003) کاملا هم‌خوانی داشت؛ آنان نیز دریافتند که پس از 11 روز نگهداری، بافت نمونه‌های قارچ از حالت سفت اولیه تا حالت نرم تغییر می‌یابد. Lopez-Briones و همکاران (1992) علت نرم‌شدگی و چروکیدگی بافت قارچ طی دوره نگهداری را ناشی از رشد سلولی و نیز خروج آب از سلول‌ها دانستند. بالابودن کیفیت بافت نمونه تیمارشده با آب همراه با جاذب الرطوبه را می‌توان ناشی از جذب رطوبت خارج‌شده توسط سیلیکاژل دانست که این امر مانع از تجمع رطوبت اضافه روی سطح و بالطبع عدم ورود آن به بافت داخلی قارچ شده و حفظ کیفیت بافت محصول را در پی دارد. نتایج نشان دادند که شرایط نگهداری (دمای محیط و یا یخچال)، نوع تیمار و زمان رابطه کاملا معنی‌داری با امتیاز بافت نمونه‌ها دارند($P<0/05$). اسیدسیتریک می‌تواند دارای نقش تخریبی در بافت قارچ باشد که این تاثیر در حضور جاذب الرطوبه کمتر می‌شود چراکه بخشی از رطوبت جذب سیلیکاژل شده و تاثیر منفی آن بر بافت کاهش می‌یابد.

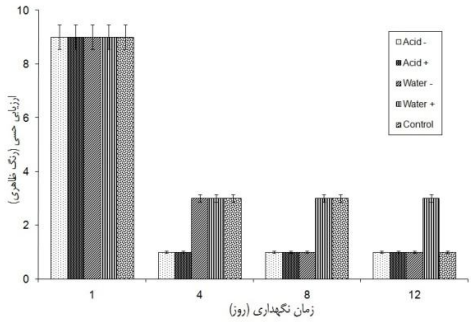
رنگ ظاهری

برای ارزیابی رنگ ظاهری از پانلیست‌ها خواسته شد بر اساس تست هدونیک پنج نقطه‌ای (رنگ معمول یکنواخت و قوی= 9، نسبتا قوی= 7، متوسط= 5، بد = 3 و خیلی بد= 1) نمونه‌ها را ارزیابی نمایند.

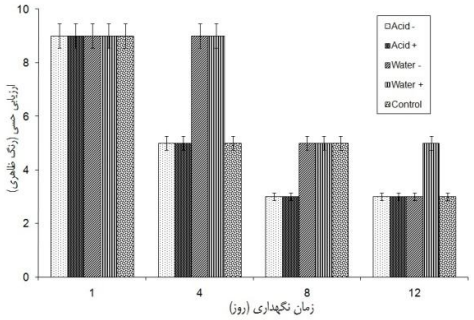
در شرایط نگهداری نمونه‌ها در محیط، نمونه‌های تیمارشده با اسیدسیتریک از همان آغاز بررسی (روز 4) به کمترین حد امتیاز دست یافتند و امتیاز دیگر نمونه‌ها در روز چهارم برابر 3 (بد) بود. روند

کاهشی تا پایان دوره نگهداری ادامه داشت که بالاترین امتیاز مربوط به نمونه تیمارشده با آب همراه با جاذب الرطوبه بود (شکل 2- الف).

الف



ب



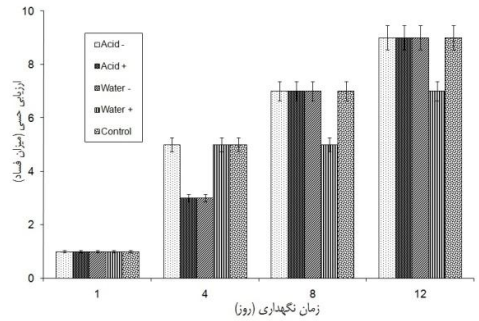
شکل 2- تاثیر زمان نگهداری بر کیفیت رنگ ظاهری قارچ دکمه‌ای در: الف- دمای محیط و ب- دمای یخچال

همان‌طور که در شکل 2- ب دیده می‌شود، در شرایط نگهداری نمونه‌ها در یخچال، در روز چهارم، نمونه‌های تیمارشده با آب، بالاترین امتیاز را از نظر رنگ به خود اختصاص دادند. دیگر نمونه‌ها امتیاز متوسط را کسب کرده و نمونه شاهدی که در معرض تبادل هوا بود امتیاز 3 (بد) را به‌دست آورد که در این مورد می‌توان هوا و فعالیت اکسیداتیو حاصل از آن را عامل بدرنگ شدن و تیرگی رنگ قارچ‌ها دانست. در پایان دوره نگهداری، نمونه تیمارشده با آب همراه با جاذب الرطوبه، بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد. در نمونه مورد نظر، سیلیکاژل با جذب رطوبت مانع از نشست آب روی قارچ‌ها شده و در نتیجه از لزج شدن و تغییر رنگ کلاهک قارچ ممانعت نمود. با توجه به نتایج می‌توان گفت که شرایط نگهداری، نوع تیمار و زمان رابطه کاملا معنی‌داری با امتیاز رنگ ظاهری نمونه‌ها دارند($P<0/05$). Villascusa و همکاران (2003) دما را در تغییر رنگ نمونه‌های قارچ موثر دانستند؛ یعنی افزایش دما منجر به تغییر رنگ نمونه به سمت زردی می‌شود.

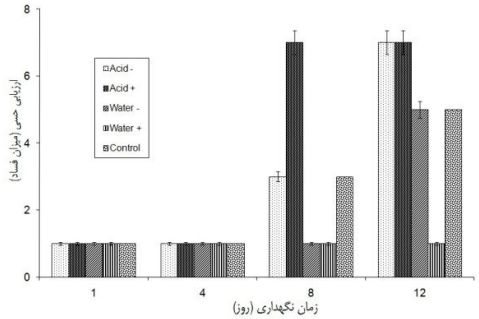
فساد و بوی نامطلوب تخمیر

برای ارزیابی این صفات از پانلیست‌ها خواسته شد بر اساس تست هدونیک پنج نقطه‌ای (عدم تغییر= 1،تغییر کم= 3، تغییر متوسط= 5،تغییر نسبتا شدید= 7و تغییرشدید= 9) نمونه‌ها را ارزیابی نمایند.

الف



ب



شکل 3- تاثیر زمان نگهداری بر میزان فساد قارچ دکمه‌ای در: الف- دمای محیط و ب- دمای یخچال

با توجه به شکل 3- الف، در شرایط نگهداری نمونه‌ها در محیط، روند تغییرات فساد شدیدا افزایشی بود و در روز دوازدهم، تنها نمونه تیمارشده با آب همراه با جاذب الرطوبه امتیاز 4 یعنی فساد نسبتا شدید را کسب کرد و بقیه نمونه‌ها همه متحمل فساد شدید شده بودند. اکثر میکروارگانیسم‌ها دمای محیط را برای فعالیت و رشد ترجیح می‌دهند و همچنین در شرایط محیطی، خود ترکیبات داخلی نمونه در اثر گذشت زمان دچار تغییرات شدید به سمت غیرقابل مصرف شدن نمونه می‌شوند.

در شرایط نگهداری نمونه‌ها در یخچال، تا روز چهارم، نمونه‌ها متحمل هیچ‌گونه تغییری که فساد تلقی شود نشده بودند به استثناء نمونه شاهدی که در معرض هوا بود که دچار فساد جزئی شده بود. فساد در بقیه دوره روند افزایشی داشت و در روز دوازدهم، تنها نمونه تیمارشده با آب همراه با سیلیکاژل هیچ فسادی را متحمل نشده بود

اما بقیه نمونه‌ها فاسد شده و یا نمادی از فساد، بوی تخمیر و لیزشدگی در آن‌ها مشاهده می‌شد (شکل 3- ب). در این حالت نیز می‌توان وجود سیلیکاژل را عاملی برای ممانعت از بروز فساد در قارچ‌ها دانست چرا که با جذب رطوبت، مانع از دسترسی میکروارگانیسم‌ها به آب که عمده‌ترین فاکتور موثر برای رشد آنهاست شده و بالطبع فساد به تاخیر می‌افتد. در مورد نمونه تیمارشده با اسید همراه با سیلیکاژل که در روز هشتم نگهداری متحمل فساد بالایی شده بود می‌توان نتیجه را این‌گونه تفسیر نمود که در اثر جذب آب توسط جاذب‌الرطوبه غلظت اسید سیتریک در سطح نمونه‌های قارچ افزایش یافته و این امر منجر به تخریب دیواره سلولی کلاهک و لزج‌شدن سطح محصول گردیده است. این یافته با نتایج حاصل از پژوهش Zivanovic و همکاران (2000) هم‌خوانی دارد. آنان دریافتند که افت کیفیت قارچ طی نگهداری ناشی از تغییر ساختار پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها، چروکیدگی کلاهک قارچ و نیز تخریب واکوئل مرکزی است. همچنین دمای یخچال (4 درجه سانتی‌گراد) دمای بسیار مناسبی برای نگهداری محصولات کشاورزی است و مانع از بروز فساد سریع در آن‌ها می‌شود. با درنظر گرفتن نتایج می‌توان بیان داشت که شرایط نگهداری، نوع تیمار و زمان رابطه کاملا معنی‌داری با میزان فساد نمونه‌ها دارند (P<0/05).

آزمون رنگ‌سنجی

در آنالیز تصاویر در صنایع‌غذایی، رنگ یک ویژگی تاثیرگذار و توصیف‌کننده قوی است که جهت تسهیل استخراج اجسام و شناسایی آن‌ها در یک تصویر به کار می‌رود. از این پارامتر در درجه‌بندی انواع میوه استفاده شده است. رنگ یک صفت مهم موادغذایی بوده و شدیدا پذیرش کلی محصول توسط مصرف‌کننده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. رنگ‌سنجی محصولات مختلف طیف وسیعی از تحقیقات را در برمی‌گیرد (محبی، 1386 و Briones, 2005). شاخص *L نمادی از روشنایی تصویر است و هر چه مقدار آن به 100 نزدیک‌تر باشد، انعکاس نور کامل‌تر است. در کلیه نمونه‌ها میزان پارامتر *L با گذشت زمان کاهش یافته و رنگ نمونه‌ها تیره‌تر شده است.

در شرایط نگهداری نمونه‌ها در محیط، در کل دوره نگهداری بالاترین مقادیر *L به ترتیب به این نمونه‌ها اختصاص داشتند: نمونه شاهد، نمونه تیمارشده با آب فاقد جاذب الرطوبه و نمونه تیمارشده با آب دارای جاذب الرطوبه. در شرایط نگهداری نمونه‌ها در یخچال، در کل دوره نگهداری بالاترین مقادیر *L به ترتیب به این نمونه‌ها اختصاص داشتند: نمونه شاهد، نمونه تیمارشده با آب دارای جاذب الرطوبه و نمونه تیمارشده با اسیدسیتریک دارای جاذب الرطوبه (جدول 2). شرایط نگهداری، نوع تیمار و زمان رابطه کاملا معنی‌داری با میزان پارامتر *L نمونه‌ها دارند (P<0/05).

پارامتر *a هرچه به سمت منفی باشد نماد سبزی بیشتر است و هرچه مثبت‌تر باشد قرمزی بیشتری دارد. در شرایط نگهداری نمونه‌ها در محیط، بالاترین مقدار منفی *a به نمونه تیمارشده با آب دارای جاذب الرطوبه اختصاص داشت و پس از آن نمونه تیمارشده با آب و نیز اسیدسیتریک فاقد جاذب الرطوبه، هر دو دارای مقادیر یکسانی بودند.در شرایط نگهداری نمونه‌ها در یخچال، بالاترین مقدار منفی *a به نمونه تیمارشده با اسیدسیتریک فاقد جاذب الرطوبه اختصاص داشت و پس از آن به ترتیب نمونه تیمارشده با اسیدسیتریک دارای جاذب الرطوبه و نمونه تیمارشده با آب فاقد جاذب الرطوبه قرار داشتند. نتایج نشان دادند که رابطه شرایط نگهداری با مقدار پارامتر *a معنی‌دار نیست اما نوع تیمار و زمان رابطه کاملا معنی‌داری با میزان پارامتر *a نمونه‌ها دارند (P<0/05).

پارامتر*b بیان‌گر میزان زرد یا آبی بودن نمونه است و هرچه به مقادیر مثبت نزدیک‌تر باشد، زردی نمونه بیشتر است. در شرایط نگهداری نمونه‌ها در محیط، بالاترین مقدار مثبت *b به نمونه تیمارشده با اسیدسیتریک فاقد جاذب الرطوبه اختصاص داشت و پس از آن به ترتیب نمونه تیمارشده با آب فاقد جاذب الرطوبه و نمونه تیمارشده با اسیدسیتریک دارای جاذب الرطوبه قرار داشتند. در شرایط نگهداری نمونه‌ها در یخچال، بالاترین مقدار مثبت *b به نمونه تیمارشده با اسیدسیتریک فاقد جاذب الرطوبه اختصاص داشت و پس از آن به ترتیب نمونه تیمارشده با آب دارای جاذب الرطوبه و نمونه تیمارشده با اسیدسیتریک دارای جاذب الرطوبه قرار داشتند. با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت که شرایط نگهداری، نوع تیمار و زمان، رابطه کاملا معنی‌داری با میزان پارامتر *b نمونه‌ها دارند (P<0/05).

نتایج حاصل از رنگ‌سنجی کاملا مطابق با نتایج حاصل از پژوهش Villascusa و همکاران (2003) می‌باشد. آنان دریافتند که با گذر زمان به زردی نمونه‌ها افزوده می‌شود که این زردی در پارامتر *b نمایان گردید.

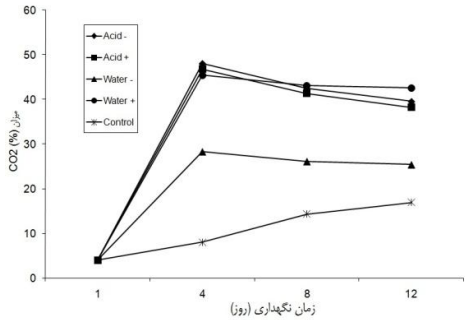
جدول 2- مقادیر متوسط پارامترهای *L*a*b در کل دوره نگهداری قارچ دکمه‌ای به تفکیک شرایط دمایی

پارامتر	Acid -		Acid +		Water -		Water +		Control	
	محیط	یخچال	محیط	یخچال	محیط	یخچال	محیط	یخچال	محیط	یخچال
L*	71/12	72/53	71/05	72/97	74/51	70/69	73/03	73/64	76/19	74/15
a*	-2/145	-2/485	-1/99	-2/26	-2/145	-1/86	-2/29	-1/51	-1/49	-1/58
b*	24/62	21/01	17/47	15/14	17/52	14/32	13/96	15/51	16/91	14/14

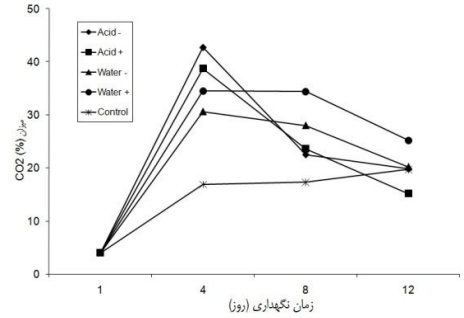
ارزیابی تغییرات میزان گازهای موجود در بسته

در شرایط نگهداری نمونه‌ها در محیط، در نمونه‌های تیمارشده با اسیدسیتریک و نیز نمونه تیمارشده با آب همراه با جاذب الرطوبه، تا روز چهارم شاهد روند افزایشی میزان دی‌اکسیدکربن بودیم که بیان‌گر تنفس بالای نمونه‌هاست و پس از آن، تا پایان دوره نگهداری، میزان CO_2 در حد کمی کاهش یافت (شکل 4- الف). در نمونه تیمارشده با آب فاقد جاذب الرطوبه، رطوبت تجمع یافته روی سطح قارچ‌ها مانع از انجام تنفس شده و تولید CO_2 در حد کمی است. در مورد نمونه‌های تیمارشده با اسیدسیتریک، این احتمال داده می‌شود که میزان بالای CO_2، غیر از تنفس، ناشی از تولید متابولیت‌های ثانویه در نمونه باشد که خود زمینه‌ساز فساد محصول هستند.

الف



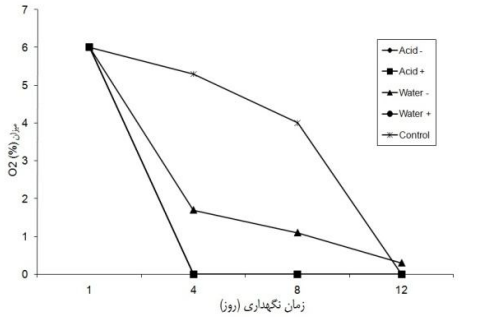
ب



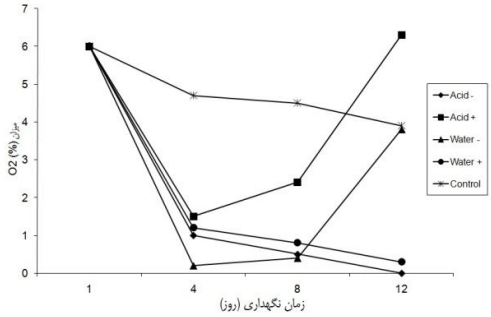
شکل 4- تاثیر زمان نگهداری بر میزان CO_2 موجود در بسته قارچ دکمه‌ای در: الف- دمای محیط و ب- دمای یخچال

در شرایط نگهداری نمونه‌ها در یخچال، کلیه نمونه‌های تیمارشده با اسیدسیتریک و آب تا روز چهارم، میزان بالایی CO_2 تولید نمودند. در نمونه‌هایی که با اسیدسیتریک تیمار شده بودند، پس از روز چهارم تا پایان دوره، روند کاهشی شدیدی را شاهد بودیم اما در نمونه‌های تیمارشده با آب، میزان CO_2 تا پایان دوره تقریبا ثابت ماند (شکل 4- ب). این یافته‌ها با نتایج دیگر پژوهشگران که نشان دادند با افزایش دما، سرعت تنفس و بالطبع میزان تولید CO_2 افزایش می‌یابد منطبق است (Cliffe-Byrnes et al., 2008). نتایج نشان داد که شرایط نگهداری، نوع تیمار و زمان رابطه کاملا معنی‌داری با میزان CO_2 موجود در بسته‌بندی دارند ($P<0/05$).

الف



ب



شکل 5- تاثیر زمان نگهداری بر میزان O_2 موجود در بسته قارچ دکمه‌ای در: الف- دمای محیط و ب- دمای یخچال

در مورد میزان اکسیژن، در کلیه تیمارهای نگهداری‌شده در محیط به استثناء نمونه تیمارشده با آب بدون جاذب الرطوبه، در روز چهارم، میزان O_2 به صفر رسید و تا پایان دوره در همین حد باقی ماند. با توجه به پژوهش‌های انجام شده توسط دیگر محققان، اگر میزان اکسیژن بسته به صفر برسد شرایط غیرهوازی ایجادشده در بسته، شرایط را برای ایجاد فساد و رشد میکروارگانیسم‌های بی‌هوازی فراهم کرده و کیفیت محصول کاهش می‌یابد. در نمونه تیمارشده با آب فاقد جاذب الرطوبه، حتی تا پایان دوره میزان اکسیژن به صفر نرسیده و در همان حد کم خود باقی ماند و بالطبع در این شرایط، فساد و رشد بی‌هوازی رخ نداده و کیفیت بهینه محصول حفظ می‌شود (شکل 5- الف). روند تغییر میزان CO_2 و O_2 داخل بسته کاملا با هم

هم‌خوانی دارند. برای مثال در نمونه تیمارشده با آب فاقد جاذب الرطوبه، هم مقدار CO_2 کمتر است و هم تا پایان دوره، O_2 به صفر نرسیده است و این حالت بیان‌گر پایین‌تر بودن میزان تنفس در این نمونه در مقایسه با دیگر نمونه‌هاست. Tano و همکاران (2007) دریافتند که اگر میزان اکسیژن به کمتر از حد بحرانی خود برسد، تنفس هوازی مختل شده و با افزایش میزان دی‌اکسید کربن به بالاتر از حد بحرانی، اختلالات فیزیولوژیکی در محصول رخ می‌دهند.

در مورد نمونه‌های نگهداری‌شده در یخچال، در کلیه تیمارها در روز چهارم میزان O_2 نسبت به سطح اولیه (6 درصد) کاهش یافت و در نمونه تیمارشده با آب همراه با جاذب الرطوبه روند کاهشی تا پایان دوره ادامه داشت اما به صفر نرسید. در نمونه تیمارشده با آب فاقد جاذب الرطوبه و نیز نمونه تیمارشده با اسیدسیتریک همراه با جاذب الرطوبه، پس از روز چهارم شاهد روند افزایشی میزان اکسیژن در بسته بودیم که نشان از ادامه شرایط هوازی در داخل بسته است (شکل 5- ب). با توجه به نتایج می‌توان گفت که شرایط نگهداری، نوع تیمار و زمان رابطه کاملا معنی‌داری با میزان O2 موجود در بسته‌بندی دارند ($P<0/05$).

روند اولیه کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن طی دوره نگهداری توسط پژوهشگران متعددی گزارش شده است (Ares *et al*., 2006، Kim *et al*., 2006، Parentelli *et al*., 2007، Antmann *et al*., 2008 و Simón *et al*., 2010).

از نظر تئوری، برای افزایش دوره ماندگاری قارچ، ترکیب گازی در یک بسته‌بندی باید حاوی غلظت پایینی اکسیژن باشد اما هرگز به صفر نرسد. عدم حضور اکسیژن در داخل بسته‌بندی، منجر به متابولیسم غیرهوازی می‌شود که بدطعمی یا ایجاد آرومای نامطلوب را در پی دارد. همچنین این شرایط خطر تولید بوتولین که یک ترکیب سمی حاصل از باکتری کلستریدیوم بوتولینوم است را در صورت نگهداری بسته در دمای یخچال افزایش می‌دهد (Brennan *et al*., 1998). با توجه به سرعت تنفس زیاد قارچها به دلیل ساختار اپیدرمی نازک و متخلخل آنها (تولید 500 میلی‌گرم در ساعت دی‌اکسیدکربن به ازای هر کیلوگرم قارچ)، اکسیژن موجود در بسته سریعا افت می‌کند (Koushki *et al*., 2011). سیستم بسته‌بندی مناسب سیستمی است که پس از رسیدن غلظت اکسیژن در بسته به حد بحرانی، خودبه‌خود اکسیژن آزاد کند (Brennan *et al*., 1998).

نتیجه گیری

فسادپذیری سریع قارچ و ماندگاری کوتاه‌مدت آن باعث بروز مشکلاتی برای توزیع و فروش قارچ شده است. استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته و نیز نگهداری سرد محصول به عنوان روش‌هایی مفید در افزایش ماندگاری قارچ مطرح هستند. شرایط بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته باید به دقت طراحی شود چرا که شرایط نامناسب نه تنها غیر موثر بوده بلکه ممکن است حتی دوره نگهداری محصول را کوتاه نماید. علیرغم اینکه بیش از 35 سال است مطالعاتی روی بسته‌بندی قارچ دکمه‌ای با اتمسفر اصلاح شده انجام شده است اما ترکیب اتمسفری بهینه برای نگهداری این نوع قارچ هنوز به‌طور دقیق بیان نشده است (Ares *et al*., 2007).

با درنظر گرفتن نتایج پژوهش حاضر می‌توان بیان داشت که در بین کلیه تیمارها، نمونه‌های تیمارشده با آب دارای جاذب الرطوبه در داخل بسته، در ارزیابی‌های حسی به‌طور معنی‌داری بالاترین امتیاز را کسب کردند ($P<0/05$). از نظر پارامترهای L*a*b* نیز نمونه مورد نظر در سطح مطلوبی قرار داشت و می‌توان گفت که میزان تغییرات این پارامترها در آن، نسبت به روز اول در مقایسه با دیگر نمونه‌ها، بسیار کمتر بود. از نظر ترکیب گاز داخل بسته‌بندی، میزان اکسیژن که عامل موثری در حفظ کیفیت محصول و ادامه شرایط هوازی در بسته است تا پایان دوره به صفر نرسید و در حد بسیار کم که برای حفظ کیفیت قابل قبول لازم است، باقی ماند. با عنایت به در نظر گرفتن نقطه 4/5 به‌عنوان نقطه رد برای آزمون‌های حسی، تنها نمونه تیمارشده با آب دارای جاذب الرطوبه تا روز 12 این امتیاز را حفظ نمود؛ اما با در نظر گرفتن کلیه پارامترها، حداکثر زمان بهینه نگهداری قارچ را می‌توان 8 روز عنوان کرد.

در کل می‌توان گفت که با توجه به نتایج پژوهش حاضر، روش بسته‌بندی مطلوب برای قارچ دکمه‌ای، استفاده از روش بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل‌یافته با ترکیب گاز CO_2 %4±1 ، O_2 %6±1 و بقیه گاز ازت در داخل بسته می‌باشد و بهتر است که قارچها قبل از بسته‌بندی به مدت 10 دقیقه در آب معمولی غوطه‌ور شده و در داخل بسته‌بندی آن‌ها، کیسه حاوی سیلیکاژل به‌عنوان جاذب رطوبت قرار بگیرد و در طول زنجیره توزیع در دمای یخچال نگهداری شوند. بر اساس یافته‌های محققان، CO_2 تا حداکثر 5 درصد می‌تواند رسیدن قارچ را به تاخیر بیندازد و نیز مانع از قهوه‌ای‌شدن و افت بافت شود. با این حال غلظت‌های بالاتر از 5 درصد CO_2 ممکن است باعث زردشدن داخلی و خارجی کلاهک قارچ شود (Lopez-Briones et al., 1992).

منابع

Antmann, G., Ares, G., Lema, P. and Lareo, C. 2008, Influence of modified atmosphere packaging on sensory quality of shiitake mushrooms, Postharvest Biol. Technol., 49(1), 164-170.

Ares, G., Parentelli, C., Gámbaro, A., Lareo, C. and Lema, P. 2006, Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere, Postharvest Biol. Technol., 41(2), 191-197.

Ares, G., Lareo, C. and Lema, P. 2007, Modified Atmosphere Packaging for postharvest storage of mushrooms, A Review, Fresh Produce, 1(1), 32-40.

Brennan, M.H. and Gormley, T.R. 1998, Extending the shelf life of fresh sliced mushrooms, The National Food Centre, Dunsinea, Final Report Project ARMIS No. 4196.

Briones, V. and Aguilera, M. 2005, Image analysis of changes in surface color of chocolate, Food Research International, 38, 87–94.

Cliffe-Byrnes, V. and O'Beirne, D. 2008, Effects of washing treatment on microbial and sensory quality of modified atmosphere (MA) packaged fresh sliced mushroom (Agaricus bisporus), Postharvest Biol. Technol., 48(2), 283-294.

Illeperuma, C.K. and Jayathunge, K.G. 2004, Prolonged storage of oyster mushroom by modified atmosphere packaging and low temperature storage, Journal of National Science Foundation Sri Lanka, 32, 38-47.

Kim, K.M., Ko, J.A., Lee, J.S., Park, H.J. and Hanna, M.A. 2006, Effect of modified atmosphere packaging on the shelf-life of coated, whole and sliced mushrooms, LWT-Food Sci. Technol., 39(4), 365-372.

Koushki, M.R., khoshgozaran, S., Mohammadi, M., Hadian, Z., Bagheri, N., Sharayei, P. and Mortazavian, A.M. 2011, Physicochemical properties of mushrooms as affected by modified atmosphere packaging and CaCl2 dipping, African Journal of Agricultural Research, 6(24), 5414-5421.

Kuyper, L., Weinert, I. and McGill, A. 1993, The effect of modified atmosphere packaging and addition of calcium hypochlorite on the atmosphere composition, colour and microbial quality of mushrooms, LWT-Food Sci. Technol., 26, 14-20.

Lopez-Briones, G., Varoquaux, P., Chambroy, Y., Bouquant, J., Bureau, G., Pascat, B. 1992, Storage of common mushroom under controlled atmospheres, International Journal of Food Technology, 27, 493-505.

Lopez-Briones, G., Varoquaux, P., Bureau, G. and Pascat, B. 1993, Modified atmosphere packaging of common mushroom, International Journal of Food Science & Technology, 28, 57-68.

Mohebbi, M., 1386, Application of intelligent systems for drying shrimp, PhD thesis, Ferdowsi University of Mashhad.

Parentelli, C., Ares, G., Corona, M., Lareo, C., Gámbaro, A., Soubes, M. and Lema, P. 2007, Sensory and microbiological quality of shiitake mushrooms in modified atmosphere packages, J. Sci. Food Agric., 87(9), 1645-1652.

Roy, S., Anantheswaran, R.C. and Beelman, R.B. 1995, Fresh mushroom quality as affected by modified atmosphere packaging, Journal of food science, 60, 334-340.

Simón, A., González-Fandos, E. and Vázquez, M. 2010, Effect of washing with citric acid and packaging in modified atmosphere on the sensory and microbiological quality of sliced mushrooms (Agaricus bisporus L.), Food Control, 21 (6), 851-856.

Tano, K., Oul´e, M.K., Doyon, G., Lencki, R.W. and Arul, J. 2007, Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruit and vegetables, Postharvest Biology and Technology, 46, 212-221.

Tao, F., Zhang, M., Hangqing, Y. and Jincai, S. 2006, Effects of different storage conditions on chemical and physical properties of white mushrooms after vacuum cooling, Journal of Food Engineering, 77, 545–549.

Tao, F., Zhang, M. and Hangqing, Y. 2007, Effect of vacuum cooling on physiological changes in the antioxidant system of mushroom under different storage conditions, Journal of Food Engineering, 79, 1302–1309.

Villaescusa, R. and Gil, M.I. 2003, Quality improvement of Pleurotus mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers, Postharvest Biology and Technology, 28, 169-179.

Zivanovic, S., Buescher, RW. and Kim, KS. 2000, Textural changes in mushrooms (Agaricus bisporus) associated with tissue ultrastructure and composition, Journal of Food Science, 65, 1404-1408.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 11, No. 1, Spring 2015, p. 22-30

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 11، شماره 1، بهار 1394، ص. 30-22

Evaluation of Several Methods for Preservation and Packaging of the Button White Mushroom to Increase its Shelf Life

N. Sedaghat*[1]- N. Vahedi[2]

Received:19-09-2011
Accepted:29-10-2012

Abstract

In this study, quality of white button mushrooms (Agaricus bisporus) treated by water and citric acid was evaluated during storage at 2 temperatures (room temperature and 4°C). The effect of modified atmosphere packaging (MAP, by 4±1% CO_2, 6±1% O_2 and the remaining N_2) with or without water absorbent (silicagel) was also evaluated. Samples were assessed for their organoleptic properties (texture, color and spoilage), colorimetery and respiration rate during 12 days of storage. Results showed that among all treatments, water treated samples packaged with MAP method contained silicagel sachet and also stored at refrigerator obtained the most organoleptis scores. This sample retained the optimum level of inter packaging gas composition and finally the best storage time was determined as 8 days.

Keywords: Modified Atmosphere Packaging, Silicagel, Button white mushroom, Storage.

1- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad .
2- Former Ph.D Student Of Food Science And Technology Engineering, Ferdowsi University of Mashhad.
(*-Corresponding Author Email: sedaghat@ferdowsi.um.ac.ir)