

بررسی تاثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده روی برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی اسفناج (*Spinacia oleracea L.*) در طی نگهداری

سجاد دارانی^۱، محمد فاضل^۲، جواد کرامت^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

۲. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

۳. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۲، تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۱)

چکیده

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده تکنیکی است که برای طولانی کردن عمر نگهداری مواد غذایی به کار می‌رود. در این تحقیق تاثیر مقادیر مختلف از گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن بر روی پارهای از خصوصیات گیاه اسفناج در طی بیست روز انبارداری، مورد بررسی قرار گرفت. برگهای اسفناج وارسته بومی اصفهان پس از برداشت، توسط دستگاه MAP در بسته‌های پلی اتیلن-پلی آمید بسته‌بندی شدند. از پنج تیمار که در همه آن‌ها گاز N_2 در سطح ۸۰٪ ثابت و گازهای اکسیژن و دی‌اکسید کربن در سطوح صفر درصد، ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و ۲۰٪ متغیر بودند، استفاده شد. بسته‌ها به مدت بیست روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انبارداری شدند. در طی بیست روز انبارداری pH نمونه‌ها نسبت به روز صفر افزایش یافت و با افزایش میزان دی‌اکسید کربن در داخل بسته، pH به سمت قلیایی تغییر کرد. میزان آسکوربیک اسید نمونه‌ها در تمامی تیمارها کاهش یافت و افزایش میزان دی‌اکسید کربن در داخل بسته باعث کاهش بیش‌تر در میزان آن گردید. تغییر میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در طی زمان انبارداری و برای تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود، لذا تغییرات سطوح گازها باعث تغییر میزان کلروفیل نشده‌است. بسته‌های حاوی سطوح متوسط از گاز اکسیژن و دی‌اکسید کربن بالاترین قابلیت را در حفظ خصوصیات حسی اسفناج داشتند و افزایش سطح دی‌اکسید کربن در بسته موجب افت تازگی محصول گردید.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده، اسفناج، انبارداری، خصوصیات فیزیکوشیمیایی.

* مسئول مکاتبات: mfazeln@yahoo.com

1- مقدمه

تنفس می‌کنند، چنانچه نفوذپذیری فیلم بسته‌بندی به O_2 و CO_2 با تنفس محصول هماهنگ شود، یک اتمسفر متعادل در بسته ایجاد می‌شود [7]. در MAP سه گاز اصلی CO_2 ، O_2 ، N_2 استفاده می‌شوند که از این گازها به صورت تنها و یا ترکیبی استفاده می‌گردد [7].

سندھیا (2010)، به مطالعه‌ی بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده که برای میوه‌ها و سبزی‌ها مختلف به کار رفته بود پرداخت. این محقق اعلام کرد که درصد O_2 مناسب برای بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده میوه‌ها و سبزی‌ها به‌منظور حفظ ایمنی و کیفیت این محصولات بین 1٪ تا 5٪ می‌باشد [7].

آلنده و همکاران (2004)، تغییرهای میکروبی و کیفی را بر روی برگ‌های جوان اسفناج که حداقل فرآوری را دیده و تحت شرایط اکسیژن بالا و اتمسفر اصلاح‌شده، نگهداری شده‌اند را بررسی کردند. این محققان اعلام کردند که افزودن O_2 بالا به بسته میزان صدمه به بافت و رشد میکروبی را کاهش داده و برای حفظ کیفیت برگ‌های جوان اسفناج نیز مفید است [8]. لی و بانک (2008)، تاثیر ضدعفونی کردن اسفناج با مواد شیمیایی و ترکیب آن با بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده را به‌منظور مهار رشد اشرشیا کلی در اسفناج بررسی کردند. نتایج نشان داد که تیمار با آب به‌طور مشخص سطح اشرشیاکلی در اسفناج را کاهش نمی‌دهد اما تیمار با کلرین دی‌اکسید و سدیم هیپوکلریت به‌طور مشخص سطح اشرشیاکلی را از $2/6$ به $1/1$ Log Cfu/g کاهش می‌دهد. سطوح اشرشیاکلی در نمونه‌هایی که با هوا بسته‌بندی شده بودند، در طی زمان نگهداری افزایش یافت، در حالی که سطح آن در سایر بسته‌هایی که با CO_2 و N_2 بسته‌بندی شده بودند ثابت ماند [9].

هدف از این تحقیق ارزیابی تاثیر سطوح مختلف گازهای دی‌اکسیدکربن و اکسیژن در طی زمان نگهداری بر برخی خصوصیات فیزیکیوشیمیایی گیاه اسفناج است، تا ترکیب گازی مناسبی را انتخاب نمود.

2- مواد و روش‌ها

2-1- اسفناج

بذر اسفناج واریته‌ی بومی اصفهان در اواخر اسفند ماه در زمینی کشاورزی به مساحت 20 متر مربع، با فواصل 25-35

اسفناج (*Spinach oleracea L.*) گیاهی یک ساله، دو پایه، متعلق به خانواده‌ی غازپایان (Chenopodiaceae) است. اسفناج بومی ایران است و کشت آن بیش از دو هزار سال سابقه دارد [1]. برگ‌های اسفناج دارای مواد معدنی مختلفی از قبیل کلسیم، آهن، فسفر، گوگرد، پتاسیم، سدیم و منیزیم می‌باشند. هم‌چنین اسفناج به مقدار کم، دارای اسیدهای آمینه تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین است [2]. این گیاه یک منبع سرشار از مواد معدنی و ویتامین‌ها به‌ویژه ویتامین C به شمار می‌آید [1]. میزان ویتامین C موجود در صد گرم ماده تر قسمت خوراکی اسفناج، حدود 50 میلی‌گرم ذکر شده‌است [3]. اسفناج از مهم‌ترین سبزی‌ها برگی است که می‌تواند به صورت آب پز، پخته و خام مصرف شود [4].

از دیدگاه مصرف‌کننده‌گان برگ‌های اسفناج بایستی سبز، استوار و متورم باشد. این ویژگی به سرعت در طی مراحل پس از برداشت و حمل و نقل، در نتیجه‌ی پیرشدن محصول به‌ویژه تحت شرایط تاریک و گرم از دست می‌رود. فقدان کلروفیل، پروتئین و آنتی‌اکسیدان، تغییرات مشخصی هستند که در طی پیری برگ رخ می‌دهد و این تغییرات تحت کنترل زیست محیطی و هورمونی هستند [5].

بسته‌بندی اصلاح‌شده طبق تعریف یانگ (1998) عبارت است از محصورکردن ماده غذایی در یک محیط گازی تغییر یافته (که ترکیب آن با اتمسفر هوا متفاوت می‌باشد) به‌وسیله یک فیلم با ویژگی‌های ممانعتی بالا نسبت به گازها به‌منظور کاهش سرعت تنفس، کاهش رشد میکروبی و تاخیر در فساد آنزیمی که در نهایت منجر به افزایش عمر نگهداری می‌شود. موثر بودن این روش در افزایش عمر نگهداری یک ماده غذایی به چندین عامل از جمله نوع ماده غذایی، کیفیت اولیه مواد خام، ترکیب گاز استفاده شده، دمای انبار، نسبت حجمی گاز به محصول و ویژگی‌های ممانعتی ماده بسته‌بندی بستگی دارد [6].

با این روش تازگی اولیه محصول برای مدت بیش‌تری حفظ می‌شود. این روش برای محصولات مختلفی استفاده می‌شود و مخلوط گازهای داخل بسته به نوع محصول، مواد بسته‌بندی و دمای نگهداری بستگی دارد. از آن جایی که میوه‌ها و سبزی‌ها

سانتی‌متر کشت و یک روز در میان آبیاری شد. زمین قبل از کاشت توسط کود ازته غنی سازی گردید. برگ‌های اسفناج قبل از گل‌دهی و زمانی که توسعه یافتند، برداشت‌شدند و تا زمان بسته‌بندی (حدود 12 ساعت) در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

2-2- بسته‌بندی

از دستگاه MAP Henkelman 200a ساخت کشور آلمان جهت بسته‌بندی اسفناج استفاده شد. برگ‌ها از 1 سانتی‌متری ساقه بریده‌شدند و در حدود 60 ± 2 گرم اسفناج در بسته‌های پلی‌اتیلن پلی‌آمید به ابعاد 20×30 سانتی‌متر و ضخامت 57 ± 5 میکرون بسته‌بندی شدند. به‌منظور انجام آزمون، پنج تیمار در نظر گرفته شد. در تمامی تیمارها درصد N_2 ثابت و 80٪ بود. درصد گازهای CO_2 و O_2 در جدول 1 آورده شده‌است. بسته‌ها پس از تزریق گاز در داخل یخچال در دمای $4^\circ C$ انبارداری شدند و آزمون‌های شیمیایی در روزهای صفر، 5، 10 و بیست روز انجام شد.

$$(1) \text{ حجم } a = \frac{[\text{جذب در } 645] - 2.69(645) - 12.7(645)}{\text{وزن نمونه} \times 1000}$$

$$(2) \text{ حجم } b = \frac{[\text{جذب در } 663] - 4.68(663) - 22.9(663)}{\text{وزن نمونه} \times 1000}$$

$$(3) \text{ حجم کل} = \frac{[\text{جذب در } 645] + 8.02(645) + 20.2(645)}{\text{وزن نمونه} \times 1000}$$

2-5- اندازه‌گیری آسکوربیک اسید

برای اندازه‌گیری میزان آسکوربیک اسید بر حسب میلی‌گرم در 100 گرم نمونه (X)، حدود 10 گرم نمونه یکنواخت شده، توزین (m) و دو بار با 15 میلی‌لیتر محلول تری کلرو استیک اسید (TCA) 5٪ عصاره‌گیری شد. عصاره به‌دست آمده در هر بار توسط کاغذ صافی، صاف و جمع‌آوری گردید (A). 10 میلی‌لیتر از عصاره با 10 میلی‌لیتر محلول TCA 5٪ مخلوط و با محلول 2و6- دی کلرو فنل ایندوفنل تا ظهور رنگ صورتی تیترا شد (B). برای انجام آزمون استاندارد، محلول 0/1٪

2-3- اندازه‌گیری pH

برای اندازه‌گیری pH، به حدود 2 گرم برگ اسفناج خرد شده 30 میلی‌لیتر آب مقطر افزوده و pH عصاره پس از صاف کردن توسط کاغذ صافی توسط pH متر قرائت شد [10].

2-4- اندازه‌گیری کلروفیل

از روش اصلاح یافته ویتهم¹ و همکاران (1971) استفاده و کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b اندازه‌گیری گردید.

1. Witham et al

جدول (1) ترکیب گازی تیمارها

تیمار	ترکیب گازی
1	CO_2 ٪0، O_2 ٪20، N_2 ٪80
2	CO_2 ٪5، O_2 ٪15، N_2 ٪80
3	CO_2 ٪10، O_2 ٪10، N_2 ٪80
4	CO_2 ٪15، O_2 ٪5، N_2 ٪80
5	CO_2 ٪20، O_2 ٪0، N_2 ٪80

در طی بیست روز نگهداری، میزان pH برای تیمارهای مختلف از 6/49 تا 7/66 متغیر بود. نتایج تجزیه واریانس (ANOVA) بیانگر این مطلب می‌باشد که تغییرات pH در طی زمان برای تیمارهای مختلف در سطح اطمینان 95٪ معنی‌دار است ($p < 0/05$). شکل 1 تغییرات pH در طی بیست روز انبارداری اسفناج برای تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. pH تمامی نمونه‌ها در طی بیست روز انبارداری افزایش یافت. در مجموع می‌توان گفت با افزایش مقدار CO₂ تا 15٪، pH افزایش می‌یابد و سپس کاهش می‌یابد. یعنی تیمار حاوی 15٪ CO₂ بالاترین میزان pH و تیمار فاقد CO₂ (نمونه شاهد یعنی نمونه‌ای که ترکیب هوایی مشابه هوای اتمسفر است) کم‌ترین pH را داشت. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که pH اسفناج در تمامی تیمارها در محدوده‌ی نزدیک خنثی قرار دارد. با تغییر اتمسفر داخل بسته شاهد تغییر در میزان pH هستیم. این تغییرات با افزایش میزان CO₂ تا 15٪، افزایش یافته و به سمت pH قلیایی میل می‌کند. به احتمال زیاد، علت آن رشد باکتری‌های بی‌هوازی در طی انبارداری است. این باکتری‌ها به‌طور معمول تجزیه‌کننده ترکیب‌های پروتئینی و تولیدکننده ترکیبات قلیایی هستند [10، 13 و 14].

تودلا و همکاران (2013) اعلام کردند pH در بسته‌های حاوی 10-11٪ CO₂ از 6/6 به 7/2 افزایش می‌یابد ولی در بسته‌های حاوی 10٪ O₂، افزایش اندکی (6/8) دارد. آن‌ها مشاهده نمودند در برخی تیمارها ابتدا کاهشی در مقدار pH رخ می‌دهد ولی بعد افزایش می‌یابد [10]. این مشاهدات با نتایج تحقیق حاضر، مطابقت دارد.

(W/V) آسکوربیک اسید استفاده و میزان ایندوفنل مصرفی برای آن تعیین گردید (C) [12].

$$x = \frac{A \times B \times 100}{C \times m} \quad (4)$$

6-2- ارزیابی حسی

به‌منظور ارزیابی حسی از 20 ارزیاب استفاده شد. معیار امتیازدهی مقیاس پنج نقطه‌ای بود، به این صورت که عدد 5 خیلی خوب، 1 بسیار ضعیف و 3 متوسط را نشان می‌داد. نمونه‌های اسفناج با حروف تصادفی نام‌گذاری و بر اساس دو ویژگی ظاهر و رنگ نمونه‌ها و میزان تازگی، به آن‌ها امتیاز داده شد. به‌منظور آنالیز آماری ارزیابی حسی، زمان‌های آزمون به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته شد.

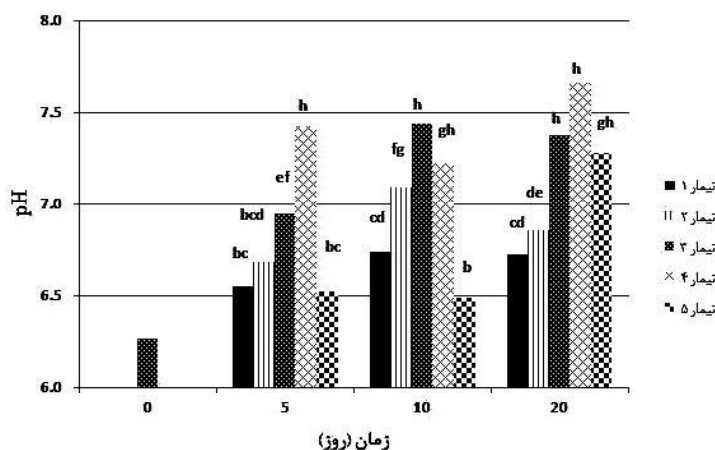
7-2- آنالیز آماری

تاثیر ترکیب درصد‌های مختلف گازی روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی اسفناج در طی دوره نگهداری در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی بررسی گردید. کلیه آزمون‌ها در 3 تکرار انجام شد. نمودارها توسط نرم‌افزار Excel 2007 رسم گردید. از نرم افزار SPSS 20 به‌منظور تحلیل آماری و برای مقایسه میانگین از آزمون دانکن در سطح اطمینان 95٪ استفاده شد.

3- نتایج و بحث

3-1- pH

pH نمونه‌های اسفناج در روز صفر برابر با $6/27 \pm 0/18$ بود.

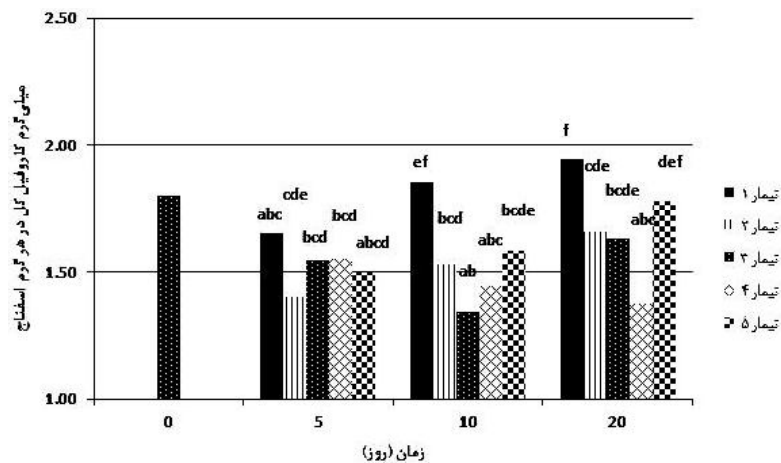


شکل (1) روند تغییرات pH در طی بیست روز انبارداری

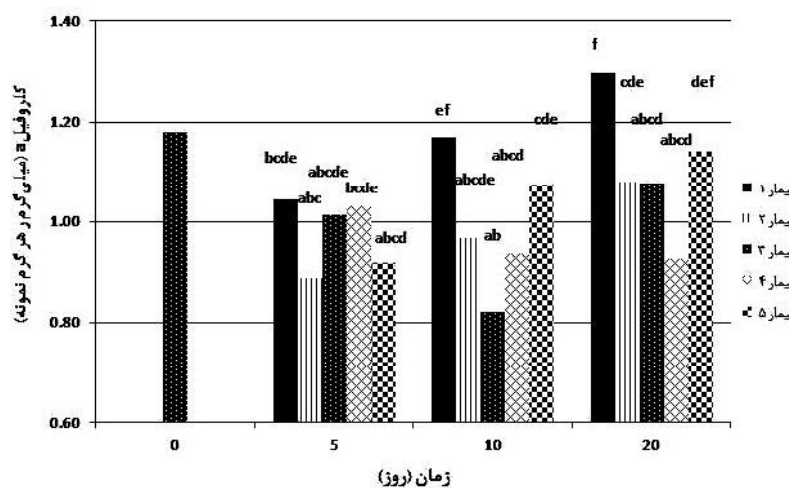
2-3- کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b

میزان کلروفیل a در روز صفر $1/18 \pm 0/069$ میلی گرم در هر گرم اسفناج تازه است و برای تیمارهای مختلف از 0/888 تا $1/298$ میلی گرم متغیر است تغییرات میزان کلروفیل a در طی زمان انبارداری در سطح اطمینان 95٪ معنی دار می باشد. شکل 3 روند تغییرات کلروفیل a را در طی انبارداری نشان می دهد. در مجموع می توان گفت مقدار کلروفیل a در طی زمان تا روز دهم انبارداری کاهش و پس از اندکی افزایش می یابد و با این وجود کم تر از روز صفر می باشد. همچنین بین تیمارهای مختلف، تیمار فاقد CO_2 دارای بیشترین مقدار کلروفیل a است و با افزایش مقدار CO_2 تا 15٪ مقدار آن کاهش می یابد و پس از آن مقدار آن اندکی افزایش می یابد ولی کم تر از نمونه فاقد CO_2 خواهد بود.

میزان کلروفیل کل (بر حسب میلی گرم در هر گرم اسفناج تازه) در روز صفر $1/80 \pm 0/04$ است که در طی بیست روز انبارداری در تمامی تیمارها کاهش یافت. کمترین میزان کلروفیل در طی زمان انبارداری $1/34$ میلی گرم و بالاترین مقدار آن $1/95$ میلی گرم بود. شکل 2 روند تغییرات کلروفیل کل را در طی انبارداری نشان می دهد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر این مطلب است که تغییرات کلروفیل در طی زمان برای تیمارهای مختلف در سطح اطمینان 95٪ معنی دار می باشد. در مجموع می توان گفت با افزایش مقدار CO_2 تا 15٪ مقدار کلروفیل کل کاهش و پس از اندکی افزایش می یابد. از طرفی مقدار کلروفیل کل در طی زمان کاهش می یابد.



شکل (2) روند تغییرات کلروفیل کل در طی انبارداری



شکل (3) روند تغییرات کلروفیل a در طی انبارداری

بالا و قلیایی، کاهش می‌یابد [16]. گاهی اوقات تجزیه کلروفیل در شرایط اسیدی اتفاق نمی‌افتد که دلیل آن اثر محافظتی لیپوپروتئین‌ها روی کلروفیل در مقابل شرایط اسیدی است [17]. پاندرانگی و لابورد¹ (2004) دلیل تغییرات رنگ اسفناج را تجزیه کلروفیل دانسته و اعلام کردند سرعت تجزیه کلروفیل a و b تفاوتی با یکدیگر ندارد [19]. گلوواکز و همکاران² (2013) نیز گزارش کردند که کلروفیل b در طی انبارداری ثابت می‌ماند [18]. کنته و همکاران³ (2008) مشاهده کردند که میزان کلروفیل در طی انبارداری اسفناج تقریباً ثابت است [2] که تاییدی بر نتایج این تحقیق است.

3-3- آسکوربیک اسید

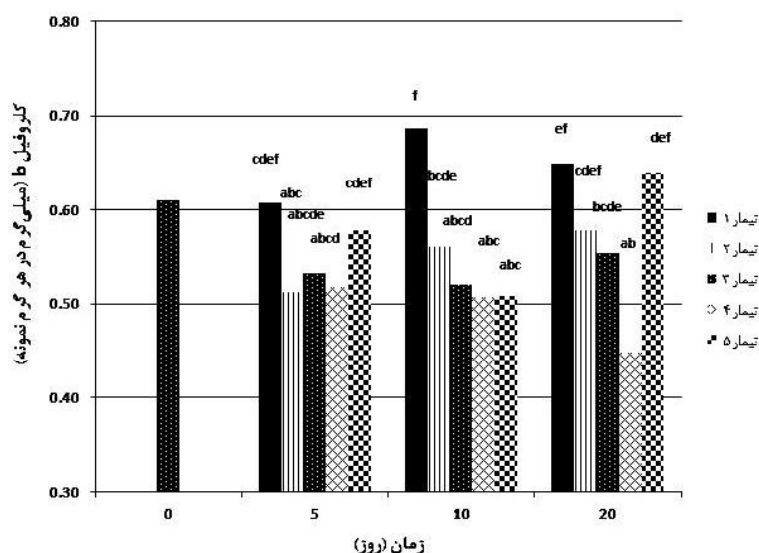
میزان آسکوربیک اسید در روز صفر $453/57 \pm 24/26$ میلی گرم در 100 گرم اسفناج تازه می‌باشد. این میزان در طی بیست روز انبارداری اسفناج، برای تیمارهای مختلف بین 14 تا 430 میلی گرم در هر 100 گرم اسفناج متفاوت بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف میزان آسکوربیک اسید برای تیمارهای مختلف در طی زمان انبارداری در سطح اطمینان 95٪ معنی‌دار است ($p < 0/05$).

نتایج تجزیه واریانس بیانگر این مطلب است که تغییرات کلروفیل b در طی زمان در سطح اطمینان 95٪ معنی‌دار نیست ولی بین تیمارهای مختلف، معنی‌دار است. میزان کلروفیل b در روز صفر برابر با $0/098 \pm 0/61$ میلی گرم در هر گرم اسفناج تازه بود. این میزان برای تیمارهای مختلف از 0/448 تا 0/686 میلی گرم متغیر بود. شکل 4 روند تغییرات کلروفیل b در طی بیست روز انبارداری اسفناج را نشان می‌دهد. تغییرات کلروفیل b برای تیمارهای مختلف مانند کلروفیل a می‌باشد یعنی تیمار فاقد CO₂ دارای بیشترین مقدار کلروفیل b است و با افزایش مقدار CO₂ تا 15٪ مقدار آن کاهش می‌یابد و پس از آن مقدار آن اندکی افزایش می‌یابد ولی کم‌تر از نمونه فاقد CO₂ خواهد بود.

کلروفیل منبع رنگ سبز گیاهان، ترکیبی حساس است که می‌تواند در طی فرایند و انبارداری تخریب و موجب از بین رفتن رنگ سبز سبزی‌ها و افت کیفیت آن‌ها شود. در اثر تجزیه کلروفیل به فتوفیتین، رنگ محصول از سبز به سبز مایل به قهوه‌ای تغییر می‌کند [15].

رایان-استونهم و تانگ (2000) گزارش کردند فاکتورهای زیادی مانند pH، دما، یون‌های فلزی، آنزیم‌ها و غیره روی تجزیه کلروفیل موثر هستند تجزیه کلروفیل در دماهای پایین و pH

1. Pandrangi and LaBorde
2. Glowacz et al.
3. Conte et al.

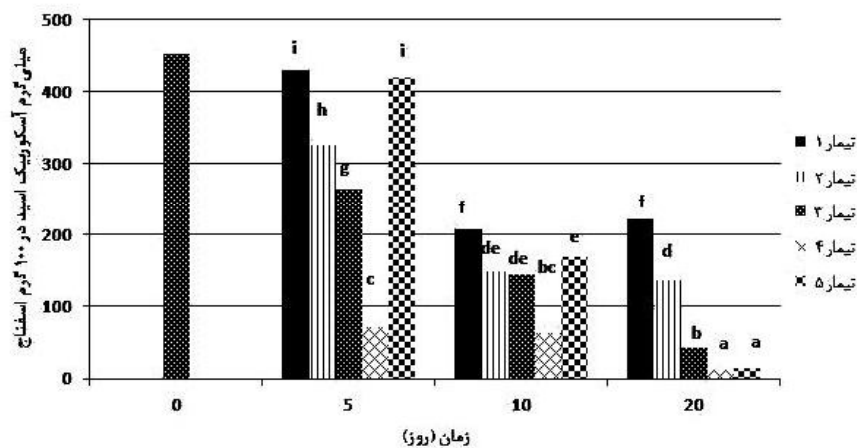


شکل (4) روند تغییرات کلروفیل b در طی انبارداری

شکل 5 روند تغییرات آسکوربیک اسید تیمارهای مختلف در طی بیست روز انبارداری را نشان می‌دهد. میزان آسکوربیک اسید برای تمامی تیمارها در طی زمان انبارداری روند کاهشی داشت و در تیمارهای حاوی سطوح بالای CO_2 (10٪، 15٪ و 20٪) در روز بیستم انبارداری به حدود صفر رسیده است. در روز پنجم انبارداری بین تیمار CO_2 5٪ و 10٪ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و در روز دهم دو تیمار CO_2 صفر درصد و 20٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در پایان دوره‌ی انبارداری اختلاف بین تیمار CO_2 صفر درصد، 5٪ و 10٪ معنی‌دار است. گلوکز و همکاران¹ (2013) مشاهده نمودند در طی 10 روز انبارداری اسفناج، میزان آسکوربیک اسید 12٪ کاهش می‌یابد [18]. اولین و همکاران² (2003) میزان آسکوربیک اسید را در اسفناج تازه 161/98 میلی گرم در 100 گرم نمونه تازه گزارش کردند که این میزان در طی 9 روز انبارداری، 19٪ کاهش می‌یابد [20]. گیل - ایزگئیدر و همکاران³ (2003) سطوح متوسط گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن (10٪ O_2 و 10٪ CO_2) را مناسب‌ترین سطح برای حفظ آسکوربیک اسید اعلام کردند [21].

دما، یون‌های فلزی، اکسیژن هوا و شرایط قلیایی دانست. آسکوربیک اسید می‌تواند به راحتی در حضور اکسیژن اکسید شود. او موثرترین عاملی که موجب ناپایداری آسکوربیک اسید می‌گردد را شرایط قلیایی می‌داند. آسکوربیک اسید در شرایط قلیایی ناپایدار بوده و تجزیه می‌گردد [13]. این نظریه با نتایج تحقیق حاضر که با افزایش دی‌اکسیدکربن در داخل بسته، آسکوربیک اسید کاهش بیش‌تری دارد، مطابقت دارد. تاثیر CO_2 بر میزان آسکوربیک اسید احتمالاً به دلیل تغییری است که در افزایش pH می‌دهد. از آنجایی که آسکوربیک اسید در شرایط قلیایی ناپایدار است تغییر pH به‌وسیله گاز CO_2 می‌تواند عاملی در جهت کاهش آن باشد. اکسیژن نیز عاملی موثر در کاهش آسکوربیک اسید بوده و موجب شده که آسکوربیک اسید در طی انبارداری روندی کاهشی را در پی گیرد. نتایج آنالیز آماری نشان می‌دهد که آسکوربیک اسید و pH با ضریب همبستگی 0/774- با یکدیگر رابطه عکس دارند. البته در تیمارهایی با CO_2 بالا (به خصوص 20٪) با وجود کاهش در مقدار pH (که البته معنی‌دار هم نیست)، مقدار آسکوربیک اسید کاهش می‌یابد. علت این امر به احتمال زیاد رشد باکتری‌های بی‌هوازی و تخریب اسکوربیک اسید است.

1. Glowacz et al.
2. Evelyn et al.
3. Gil-Izqiedo et al.
4. Zhang



شکل (5) روند تغییرات آسکوربیک اسید در طی انبارداری

4-3- ارزیابی حسی

3-4-1- تازگی

در روز پنجم انبارداری اختلاف میان تیمارها معنی‌دار است. دو تیماری که سطوح دی‌اکسیدکربن در آنها بالاتر است، پایین‌ترین میزان پذیرش را داشتند. در این روز تیمار CO₂ 10٪ بالاترین میزان تازگی (4/3) را نشان داد و تیمار CO₂ 0٪ صفر درصد از نظر تازگی متوسط بود.

در طی دوره انبارداری در روز دهم تیمار CO₂ 20٪ و تیمار CO₂ 10٪ هر دو با امتیازی تقریباً برابر در رتبه اول قرار گرفتند. تیمار CO₂ 15٪ کم‌ترین امتیاز (2/2) را از نظر تازگی به خود اختصاص داد. اختلاف میان تیمارهای مختلف در روز دهم انبارداری نیز معنی‌دار بود.

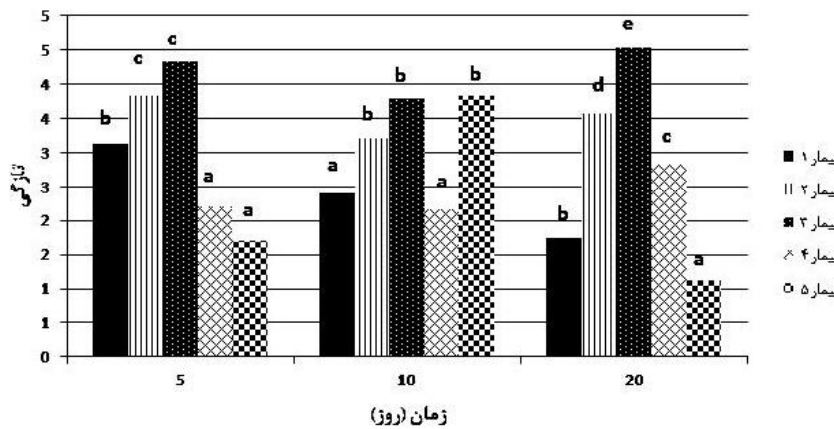
در پایان دوره انبارداری، اختلاف میان تیمارها در سطح اطمینان 95٪ معنی‌دار می‌باشد. تیمار CO₂ 10٪ دوباره

بالاترین رتبه (4/5) و تیمار CO₂ 20٪ پایین‌ترین میزان پذیرش (1/1) را داشت.

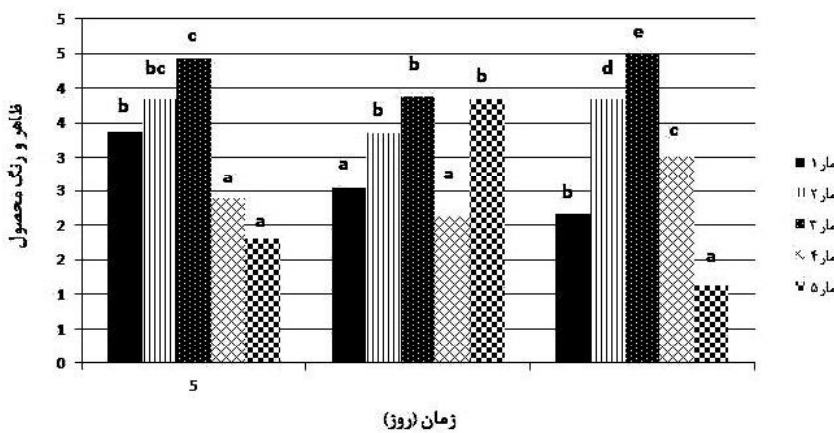
3-4-2- ظاهر و رنگ

در روز پنجم انبارداری تیمار CO₂ 20٪ کم‌ترین امتیاز را از نظر ظاهر و رنگ (1/8) داشته و بالاترین امتیاز (4/4) متعلق به تیمار CO₂ 10٪ می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اختلاف بین تیمارها از نظر ظاهر و رنگ در روز پنجم انبارداری در سطح اطمینان 95٪ معنی‌دار است.

در روز دهم انبارداری تیمار CO₂ 15٪ کم‌ترین امتیاز را از نظر ظاهر و رنگ و تیمار CO₂ 10٪ بالاترین امتیاز (3/9) را از نظر ظاهر و رنگ دارد. در تیمار CO₂ 20٪ خصوصیات ظاهری و رنگ محصول نسبت به روز پنجم بهتر می‌باشد. اختلاف میان تیمارهای مختلف در روز دهم انبارداری از نظر ظاهر و رنگ معنی‌دار می‌باشد.



شکل (6) روند تغییرات تازگی در طی انبارداری



شکل (7) روند تغییرات ظاهر و رنگ در طی انبارداری

4- نتیجه گیری

در روز بیستم اختلاف میان تیمارها در سطح اطمینان 95٪ معنی‌دار بود. در این روز تیمار CO_2 10٪ بالاترین امتیاز را از نظر ظاهر و رنگ (4/5) و تیمار CO_2 20٪ پایین‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داد (1/1). شکل 7 تیمار CO_2 10٪ و 20٪ را در روز بیستم انبارداری نشان می‌دهد. به‌طور کلی نتایج ارزیابی حسی نشان داد که تیمار حاوی CO_2 10٪ و O_2 10٪ از نظر تازگی، خصوصیات ظاهری و رنگ بهترین نمونه از نظر مصرف‌کننده بوده، زیرا که در هر سه روز آزمون امتیاز بالایی داشته است. می‌توان چنین برداشت کرد که سطوح متوسط اکسیژن و دی‌اکسیدکربن بهترین کارایی را در حفظ خصوصیات حسی گیاه دارند. هم‌چنین از آنجایی که تیمارهایی که سطح اکسیژن بالاتری داشتند امتیاز بالاتری را به خود اختصاص دادند، می‌توان چنین برداشت کرد که اکسیژن در مقایسه با دی‌اکسیدکربن قابلیت بهتری در حفظ خصوصیات ظاهری اسفناج دارد. آئنده و همکارن (2004) گزارش کردند که افزودن O_2 بالا به بسته، میزان صدمه به بافت را کاهش داده و برای حفظ کیفیت برگ‌های جوان اسفناج نیز مفید است [8].

تودلا و همکاران (2013) اعلام کردند که افزایش میزان CO_2 به‌طور مشخص آسیب به بافت اسفناج را افزایش می‌دهد که این امر در پی آزادسازی آمونیاک و کاهش میزان پروتئین به‌وقوع می‌پیوندد [10]. شکل 8 نمونه‌هایی که در روز بیستم انبارداری بالاترین و پایین‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند، نشان می‌دهد.



شکل (8) نمونه‌های اسفناج در روز بیستم انبارداری

منابع

- sanitizer combined with modified atmosphere packaging on inhibiting *Escherichia coli* O157:H7 in commercial spinach. *J. Food Microbiology.*, 25, 582–587.
- [10] Tudela, J., Marn, A., Garrido, Y., Cantwell, M., Marna, S., Medina-Martnez, M., Gil, I. (2013). Off-odour development in modified atmosphere packaged baby spinach is an unresolved problem. *J. Postharvest Biology and Technology.*, 75, 75–85.
- [11] Witham, F. H., Blaydes, D. F., Devlin, R. M. (1971). Experiments in plant physiology, *Van Nostrand., New York*, 245 p.
- [12] Sadasivam, S., Balasubraminan, T. (1987). Practical Manual in Biochemistry Tamil Nadu Agricultural University Coimbatore., p 14.
- [13] Zhang, D., Quantick, P., Wiktorowicz, R., Irvn, J. (2000). Noble gases for modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables. *Critical reviews in Food Science.*, 3, 12-16.
- [14] Babic, I., Watada, A. E. (1996). Microbial populations of fresh-cut spinach leaves affected by controlled atmospheres. *J. Postharvest Biology and Technology.*, 9, 187–193.
- [15] Nisha, P., Singhal, R. S., Pandit, A. B. (2004). A study on the degradation kinetics of visual green colour in spinach (*Spinacia oleracea* L.) and the effect of salt therein. *J. Food Engineering.*, 64, 135–142.
- [16] Ryan-Stoneham, T., Tong, C. H. (2000). Degradation kinetics of chlorophyll in peas as a function of pH. *J. Food Science.*, 65, 1296–1302.
- [17] Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009). Food Chemistry. 4th revised and extended ed. Production: *le-tex publishing services oHG, Leipzig*. 1070pp.
- [18] Glowacza, M., Mogrena, L. M., Readea, J. H., Cobba, A. H., James, M., Monaghana, A. (2013). Can hot water treatments enhance or maintain postharvest quality of spinach leaves. *J. Postharvest Biology and Technology.*, 81, 23–28.
- [1] اسدی قارنه، ح.ع، حسندخت، م.ر. (1386). بررسی تنوع ژنتیکی توده‌های بومی اسفناج ایرانی. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 38، شماره 2، صفحه 257-265.
- [2] دانشور، م. (1379). پرورش سبزی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، 461 صفحه.
- [3] Rubatzky, E., Yamaguchi, M. (1997). World vegetables, principles, production and nutritive values. *Chapman and hall.*, 843p.
- [4] Conte, A., Conversa, G., Scrocco, C., Brescia, I., Laverse, J., Elia, A., Del Nobile, M.A. (2008). Influence of growing periods on the quality of baby spinach leaves at harvest and during storage as minimally processed produce. *J. Postharvest Biology and Technology.*, 50, 190–196.
- [5] Grozeff, G., Micieli, M., Gomez, F., Fernandez, L., Guiamet, J., Chaves, A., Bartoli, G. (2010). 1-Methyl cyclopropene extends postharvest life of spinach leaves. *J. Postharvest Biology and Technology.*, 55, 182-185.
- [6] Sivertsvik, M., Jeksrud, W. K., Vagane, A., Rosnes, J.T. (2004). Solubility and absorption rate of carbon dioxide into non-respiring food part 1: development and validation of experimental apparatus using a manometric method. *J. Food Engineering.*, 61, 449-458.
- [7] Sandhya. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *J. Food Science and Technology.*, 43, 381–392.
- [8] Allende, A., Luo, Y., McEvoy, J., Artés, F., Wang, C.Y. (2004). Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. *J. Postharvest Biology and Technology.*, 33, 51–59.
- [9] Lee, S. Y., Baek, S. Y. (2008). Effect of chemical

[19] Pandrangi, S., LaBorde, L. F. (2004). Retention of folate, carotenoids, and other quality characteristics in commercially packaged fresh spinach. *J. Food Science.*, 69, 702–707.

[20] Evelyn, M., Toledo, M., Ueda, Y., Imahori, Y., Ayaki, M. (2003). L-ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea L.*) during postharvest storage in light and dark. *J. Postharvest Biology and Technology.*, 28, 47-57.

[21] Gil, M.I., Ferreres, F., Tomas-Barberan, F.A. (1999). Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 2213–2217.

