تعیین پیشرفت فساد و ماندگاری گوشت مرغ در یخچال با استفاده از معرف‌های رنگی

الناز نیک نام[1]، مجید جوانمرد[2]*

1. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات یزد

2. دانشیار گروه صنایع غذایی و تبدیلی، پژوهشکده فناوری‌های شیمیایی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

(تاریخ دریافت: 93/4/26، تاریخ پذیرش: 93/6/26)

چکیده

در حال حاضر گوشت و فراورده‌های آن یکی از مهم‌ترین و فسادپذیرترین منابع غذایی مورد نیاز انسان به‌شمار می‌روند و نیاز این محصول به بسته‌بندی مناسب که آن را در برابر آسیب‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی حفظ نماید، بیش از پیش اهمیت می‌یابد. در این میان بهره‌گیری از روش‌های نوین بسته‌بندی برای افزایش ماندگاری و شناسایی خصوصیات ماده بسته‌بندی‌شده در طی نگه‌داری بیش‌تر مدنظر قرار گرفته است که می‌توان به انواع بسته‌بندی هوشمند و فعال در این زمینه اشاره نمود. هدف از این پژوهش تشخیص فساد گوشت مرغ و میزان پیشرفت فساد شیمیایی و میکروبی آن توسط معرف‌های رنگی در طی ماندگاری بود. نمونه‌های گوشت مرغ (سینه مرغ به وزن 3 کیلوگرم) تحت شرایط استریل تهیه شدند و نمونه‌ها به‌طور جداگانه هر کدام در یک ظرف شیشه‌ای قرار گرفته و اندیکاتور تهیه شده (ورقه‌های شفاف پلی‌اتیلن با یک لایه میانی کاغذ صافی حاوی 3، 4 و 5 mL معرف‌های بروموکروزول گرین یا فنل رد) در تماس غیرمستقیم با نمونه قرار گرفت و در دمای 2±4 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 روز نگه‌داری شده و مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایشات میکروبی شامل شمارش کلی باکتری‌ها و شیمیایی شامل اندازه‌گیری مجموع بازهای فرار و pH انجام گرفت و در نهایت ارتباط این آزمون‌ها با تغییر رنگ ایجاد شده بررسی شد. بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی و میکروبی، هر دو معرف در سه مقدار (3، 4 و 5 mL) به‌طور معنی‌داری فساد گوشت مرغ را از طریق تغییر رنگ در معرف بروموکروزول گرین از سبز به آبی و در معرف فنل رد از زرد به قرمز نشان دادند ($p<0/05$). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که می‌توان از معرف‌های رنگی مانند فنل رد که در محدوده pH 8-6/4 فعالیت نموده و در pH قلیایی دارای رنگ قرمز و در pH اسیدی دارای رنگ زرد می‌باشد و بروموکروزول گرین که در محدوده pH 8/3-4/5 فعالیت نموده و در pH قلیایی دارای رنگ آبی و در pH اسیدی دارای رنگ سبز می‌باشد، برای ارزیابی فساد گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در شرایط یخچالی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی هوشمند، گوشت مرغ، فساد، معرف‌های رنگی.

* نویسنده مسئول: javanmard@irost.ir

Archive of SID

www.SID.ir

1- مقدمه

در حال حاضر گوشت و فراورده‌های آن یکی از مهم‌ترین منابع غذایی مورد نیاز انسان به‌شمار می‌روند. علاوه‌بر نقش مهم گوشت در تأمین سلامتی انسان، این ماده یکی از فسادپذیرترین گروه‌های مواد غذایی را تشکیل می‌دهد و رعایت اصول صحیح بسته‌بندی علاوه‌بر افزایش ماندگاری این محصول نقش مهمی در کاهش ضایعات و افزایش سطح بهداشت جامعه از طریق کاهش آلودگی‌های ناشی از استفاده بسته‌بندی‌های غیربهداشتی و نامناسب را دارد [1].

نگرانی مصرف‌کنندگان در مورد تازگی گوشت به‌طور مداوم افزایش یافته است. روش‌های قابل اطمینان برای ارزیابی کیفیت میکروبیولوژیکی و یا تازگی گوشت به نفع مصرف‌کنندگان و تولید کننده می‌باشد [2].

سال‌هاست که افراد به دلیل تشخیص ندادن فساد فراورده‌های گوشتی دچار مسمومیت غذایی می‌گردند که حتی به مرگ آن‌ها نیز منتهی شده است. به همین دلایل بسته‌بندی هوشمند و فعال بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است.

استفاده از نشانگرها در قالب یک بسته هوشمند از موارد قابل تحقیق در صنعت گوشت می‌باشد. اندیکاتورهای مورد استفاده در فراورده‌های گوشتی شامل نشانگر یکپارچگی محصول[1]، نشانگر تازگی و نشانگر زمان- دما می‌باشد که عملکرد هر کدام متفاوت می‌باشد. نشانگر یکپارچگی محصول به‌منظور مشخص ساختن خرابی یا بی‌عیب بودن بسته‌ها و اغلب به عنوان بخشی از بسته‌های تهیه شده تحت اتمسفر اصلاح شده (MAP) به کار می‌رود. نشانگرهای تازگی قادرند در مورد بروز تغییرات کیفی در محصول که حاصل از رشد میکروبی یا تغییرات شیمیایی است، اطلاعات مستقیمی را ارائه دهند و نشانگرهای زمان-دما، شناساگرهایی هستند که تغییرات دمایی غذای بسته‌بندی‌شده را در طول زمان نگه‌داری نشان می‌دهند و به عبارت دیگر قادرند که تمام یا بخشی از سابقه دمایی مرتبط با یک محصول را بازتاب دهند. در این تحقیق منظور ما استفاده از نشانگر تازگی برای تعیین فساد در گوشت مرغ می‌باشد [3-4].

کو و همکاران در سال 2010 از تکنیک رنگ سنجی با استفاده از نانو زیست حسگرها برای شناسایی 2و4 دی نیتروفنول که این ترکیب، از مواد بسیار سمی است و در اثر تماس طولانی مدت با انسان و حیوان از طریق استنشاق یا جذب پوستی با تاثیر بر مغز استخوان، سیستم اعصاب مرکزی و سیستم قلبی-عروقی باعث ایجاد تورم غدد لنفاوی، اگزما، از بین رفتن ناخن‌ها، افزایش سرعت متابولیسم، افزایش دمای بدن، سردرد، تعریق شدید، تشنگی و خستگی می‌شود، استفاده نمودند [5]. اندیکاتور فساد گوشت اولین بار توسط بروکمن (1958) اختراع شد. این اندیکاتور به‌وسیله رابطه زمان و دما فعالیت می‌کند که واکنش به دما و زمان از همان خصوصیات ارگانیسم‌های مسئول فساد میکروبی پیروی می‌کند [6]. شاخص فساد مواد غذایی توسط پاور (1954) اختراع شد. در این اختراع فساد ماهی مورد ارزیابی قرار گرفت و از اندیکاتور لیتموس بلو استفاده گردید [7]. نوعی بسته‌بندی هوشمند برای تشخیص فساد ماهی توسط پاکوییت و همکاران (2007) ابداع شد، که در این تحقیق از معرف رنگ برای ارزیابی فساد گوشت ماهی استفاده نمودند [8-9]. یک برچسب رنگی بر اساس فیلم پلی آنیلین برای تشخیص فساد ماهی توسط کاسواندی و همکاران (2012) تولید شد که یک روش رنگ سنجی جدید در جهت توسعه بسته‌های هوشمند است [10]. هم‌چنین از اندیکاتورهای رنگ نیز توسط سوئک-این هونگ (2000) به عنوان یک روش بسته بندی فعال برای ارزیابی تخمیر کیمیچی استفاده گردید [11].

بسته هوشمند مستلزم استفاده از حسگرها و اندیکاتورهای pH است. معرف‌های pH یا شناساگرهای شیمیایی اسید و باز، ترکیبات رنگی یا غیر رنگی آلی با وزن مولکولی بالا هستند که در آب یا حلال‌های دیگر به دو صورت اسیدی و بازی وجود دارند. شکل اسیدی شناساگر رنگ مشخصی دارد و در صورت از دست دادن پروتون، به ترکیب بازی که دارای رنگ دیگری است، تبدیل می‌شود؛ یعنی تغییر رنگ اغلب شناساگرها در محلول بستگی به تغییر شکل آن‌ها دارد. این نوع بسته‌بندی در واقع با مصرف‌کننده ارتباط برقرار می‌کند و به او ناسالم بودن محصول را هشدار می‌دهد. حالتی از ارتباط که برای مصرف‌کننده جالب توجه است تغییر رنگ شناساگر می‌باشد و این تغییر رنگ می‌تواند در پاسخ به تغییر ایجاد شده باشد. این تغییر رنگ باید به قدر کافی زیاد باشد تا به‌وسیله مصرف‌کننده به آسانی تشخیص داده شود. معرف‌ها به pH، فشار، دما، گازها، زمان ماندگاری و آلودگی حساس هستند. زمانی که گوشت فاسد

1. Integrity Indicator

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود آمین‌های فرار (آمونیاک) آزاد می‌شود که با معرف‌های مناسب تعیین کننده pH، قابل تشخیص می‌باشد. بدین صورت که آمین فرار با اثر گذاشتن بر روی معرف بروموکروزول گرین (محیط به دلیل آزاد شدن آمین‌های فرار قلیایی گردیده است)، رنگ آن را به آبی و با اثر بر روی معرف فنل رد رنگ آن را به قرمز تغییر داده که نشان دهنده فساد محصول می‌باشد.

هدف اصلی این پژوهش تولید نوعی بسته بود که بتوان با استفاده از آن میزان پیشرفت فساد شیمیایی و میکروبی گوشت مرغ تازه را در دمای یخچال توسط معرف‌های رنگی و از روی تغییر رنگ ایجادشده تشخیص داد و با ایجاد ارتباط آماری بین این تغییر رنگ و میزان گسترش فساد، میزان تازگی گوشت را تعیین نمود.

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد مورد استفاده

موارد مورد استفاده در این پژوهش شامل گوشت مرغ (سینه مرغ به وزن 3 کیلوگرم) از مراکز فروش گوشت مرغ در تهران تهیه و نمونه در شرایط یخچالی و به صورت سرد به آزمایشگاه انتقال داده شد. ورق شفاف پلی اتیلن به قطر 5 و ضخامت 8 سانتی‌متر از پژوهشگاه پتروشیمی و پلیمر ایران تهیه شد. کاغذ صافی با مش 1 میلی‌متر (Whatman)، معرف بروموکروزول گرین و معرف متیل رد و فنل رد از شرکت Merck تولید کشور آلمان تهیه گردید. اسید سولفوریک و محیط کشت پلیت کانت آگار نیز از شرکت Merck تولید کشور آلمان، اسید بوریک و اکسید منیزیم از شرکت MP کشور هلند تهیه گردید.

2-2- روش‌ها

2-2-1- تهیه نمونه

در ابتدا سه عدد سینه مرغ به وزن 3 کیلوگرم تهیه و تحت شرایط آسپتیک با استفاده از دستکش، تخته برش و چاقوی استریل شده با شعله، به‌منظور جلوگیری از آلودگی منطقه برش داده شده، به دو بخش تقسیم گردید و از هر بخش سه نمونه 150 گرمی و سه نمونه 200 گرمی تهیه شد. نمونه‌ها به‌طور جداگانه در یک ظرف شیشه‌ای قرارگرفته و اندیکاتور ساخته‌شده، ورقه‌های شفاف پلی‌اتیلن با یک لایه میانی کاغذ صافی چسبنده که هر یک حاوی 3، 4 و 5 میلی‌لیتر معرف‌های بروموکروزول گرین یا فنل رد به‌طور جداگانه بود، در تماس غیرمستقیم با نمونه قرار گرفت و سپس در دمای 2±4 درجه سانتی‌گراد نگه‌داری گردید. نمونه‌ها طی 72 ساعت و در ساعت‌های 8، 16، 24، 32، 40، 48، 56، 64 و 72 به‌منظور تعیین پارامترهای کیفی (شیمیایی و میکروبیولوژی) مورد آزمایش قرار گرفتند.

2-2-2- آزمون شیمیایی

آزمون شیمیایی شامل pH و اندازه‌گیری مجموع بازهای فرار بود. اندازه‌گیری pH با دستگاه pH متر و مجموع بازهای فرار نیز از طریق آزمون TVN به شرح زیر اندازه‌گیری شد.

آزمون TVN: مقدار مشخصی از نمونه همگن شده (10 g) را در داخل بالن ویژه تقطیر ریخته، مقدار 2 گرم پودر اکسید منیزیم و 300 mL آب مقطر و چند قطره مایع ضد کف (پارافین) به آن اضافه نموده، منضمات دستگاه تقطیر را متصل نموده و در ظرف گیرنده زیر مبرد 10 mL اسید بوریک و چند قطره معرف متیل رد-بروموکروزول گرین اضافه نموده و سپس بالن دستگاه حرارت داده شد. تقطیر از زمان شروع جوشیدن تا 25 دقیقه ادامه یافت و حجم تقریبی محلول 150 mL گردید. حاصل تقطیر با اسید سولفوریک 0/1 نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر شد. با توجه به این‌که هر سانتی‌متر مکعب اسید 0/1 نرمال برابر با 1/4 mg ازت می‌باشد مقدار ازت آزاد از رابطه زیر به دست آمد[12].

$$\frac{\text{میزان اسید مصرفی} \times 1/4 \times 100}{\text{وزن نمونه}} \quad (1)$$

سپس ارتباط بین تغییر رنگ اندیکاتور و نتیجه آزمون TVN و pH بررسی گردید.

2-2-3- آزمون میکروبی

در آزمون میکروبی جهت شمارش کلی باکتری‌ها به روش پورپلیت از محیط کشت پلیت کانت آگار استفاده گردید و در

Archive of SID

www.SID.ir

طی 72 ساعت، فساد میکروبی آن از طریق اندیکاتور و کشت میکروبی اندازه‌گیری شد [13].

4-2-2- تحلیل آماری

تحلیل داده‌های حاصله و رسم نمودارها با نرم‌افزار SPSS18 انجام شد. از روش ضریب همبستگی پیرسن جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر حاصل از هر شاخص در زمان‌های 8، 16، 24، 32، 40، 48، 56، 64 و 72 ساعت استفاده شد. آزمون آماری داده‌ها با استفاده از جداول فراوانی، نمودارهای فراوانی، شاخص‌های گرایش به مرکز نمودارهای پراکندگی و آزمون پیرسن بود. متغیر مقادیر مختلف معرف‌های استفاده شده (3، 4 و 5 میلی‌لیتر) بود.

3- نتایج و بحث

3-1- آزمون‌های شیمیایی

3-1-1- ارتباط TVN با تغییر رنگ معرف

مطابق تحلیل آماری انجام‌شده بین تغییرات TVN در همه نمونه‌های مورد مطالعه و در هر سه سطح از معرف‌های استفاده شده، بین گذشت زمان نگه‌داری و تغییر رنگ ایجاد شده توسط معرف‌ها رابطه معنی‌داری وجود دارد ($p<0/05$).

میزان ضریب همبستگی پیرسن در هر سه سطح استفاده شده در معرف بروموکروزول گرین تقریباً 0/8 بود که نشان‌دهنده رابطه‌ای مستقیم و مثبت بین تغییرات دو متغیر (TVN و تغییر رنگ) می‌باشد.

در هر سه مقدار استفاده‌شده در معرف فنل رد ضریب همبستگی پیرسن تقریباً عدد 0/84 را نشان داد که نشان‌دهنده رابطه‌ای مستقیم و مثبت بین تغییرات دو متغیر (TVN و تغییر رنگ) است (شکل‌های 5، 8 و 11).

بر اساس نتایج آماری به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که بر اثر فساد گوشت مرغ و بالا رفتن TVN تغییر رنگ در معرف‌ها ایجاد می‌شود. نتایج به‌دست آمده با نتایج بیان شده توسط پاکوئیت (2007) که از معرف بروموکروزول گرین برای ارزیابی فساد گوشت ماهی استفاده نمود و نیز با نتایج گزارش شده توسط کاسوندی (2012) که در آن جهت تشخیص فساد ماهی از فیلم پلی آنیلین حاوی اندیکاتور با انواع آمین‌های اولیه فرار استفاده نمود، مطابقت دارد.

3-1-2- ارتباط pH با تغییر رنگ معرف

مطابق آزمون آماری انجام‌شده بین تغییرات pH و فاسد شدن مرغ و تغییر رنگ معرف‌ها در همه نمونه‌های مورد مطالعه و در هر سه سطح با گذشت زمان دوره نگه‌داری رابطه معنی‌داری وجود دارد ($p<0/05$).

میزان ضریب همبستگی پیرسن در هر سه سطح استفاده شده در معرف بروموکروزول گرین تقریباً 0/7 می‌باشد که نشان‌دهنده رابطه‌ای مستقیم و مثبت بین تغییرات دو متغیر (pH و تغییر رنگ) می‌باشد.

میزان ضریب همبستگی پیرسن در هر سه مقدار استفاده‌شده در معرف فنل رد تقریباً 0/79 می‌باشد که نشان‌دهنده رابطه‌ای مستقیم و مثبت بین تغییرات دو متغیر (pH و تغییر رنگ) می‌باشد.

می‌توان نتیجه گرفت که بر اثر فساد، گوشت مرغ pH محصول بالا رفته و افزایش pH سبب تغییر رنگ معرف‌ها شده است (شکل‌های 6، 9 و 12).

3-2-آزمون میکروبی

3-2-1- ارتباط شمارش کلی باکتری‌ها با تغییر رنگ معرف

مطابق آزمون آماری انجام‌شده بین تغییرات شمارش کلی باکتری‌ها و فاسدشدن مرغ و تغییر رنگ معرف‌ها در همه نمونه‌های مورد مطالعه و در هر سه مقدار از معرف ها، با گذشت زمان دوره نگه‌داری رابطه معنی‌داری وجود دارد ($p<0/05$).

میزان ضریب همبستگی پیرسن در هر سه مقدار استفاده‌شده در معرف بروموکروزول گرین تقریباً 0/72 می‌باشد که نشان‌دهنده رابطه‌ای مستقیم و مثبت بین تغییرات دو متغیر (شمارش کلی باکتری‌ها و تغییر رنگ) می‌باشد.

میزان ضریب همبستگی پیرسن در هر سه مقدار استفاده‌شده در معرف فنل رد تقریباً 0/86 می‌باشد که نشان‌دهنده رابطه‌ای مستقیم و مثبت بین تغییرات دو متغیر (شمارش کلی باکتری‌ها و تغییر رنگ) می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش میزان باکتری‌ها و فساد مرغ، تغییر رنگ معرف‌ها ایجاد می‌شود (شکل‌های 7، 10 و 13).

نتایج به دست آمده با نتایج پاکوئیت (2007) که از معرف بروموکروزول گرین برای ارزیابی فساد گوشت ماهی استفاده نمود و نیز هم‌چنین با نتایج کاسوندی (2012) که در آن از فیلم پلی آنیلین حاوی اندیکاتور روی بسته استفاده نمودند، مطابقت دارد.

مطابق نمودارها، تغییر در سطح TVN و pH که به‌وسیله رنگ معرف‌ها در نمونه گوشت مرغ در دمای 2±4 درجه سانتی‌گراد پایش شده است نشان داد که برای 56 ساعت اول هیچ تغییر رنگی به‌وسیله معرف‌ها دیده نشد اما پس از آن یک افزایش مشخص در رنگ ثبت گردید. در طی 56-72 ساعت در معرف فنل رد، رنگ به تدریج از زرد به قرمز (شکل 3) و در معرف برموکروزول گرین از سبز به آبی (شکل4) تغییر کرد. بار میکروبی که عموماً با فساد در ارتباط است در حدود 72-56 ساعت به 10^{6}-10^{7} cfu/g رسید. شمارش کلی باکتری‌ها به آرامی از حدود 10^{3}-10^{4} cfu/g در طی 56 ساعت اولیه افزایش یافت سپس مقدار آن به سرعت افزایش یافت. این افزایش سریع بار میکروبی باعث بالارفتن pH محصول گردیده و این افزایش pH علت به وجود آمدن این تغییر رنگ می‌باشد (56-72 ساعت). بار میکروبی در این زمان در حدود 10^{7} cfu/g بود. بنابراین تغییر رنگ معرف روی بسته شاخص مفیدی برای ارزیابی فساد است.

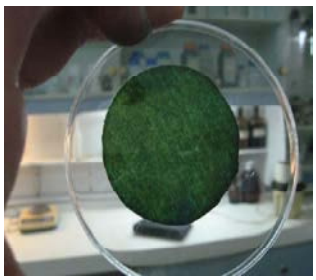
واکنش معرف‌ها در هر سه مقدار مورد آزمون مشابه بود. به این ترتیب که قبل از 56 ساعت اول هیچ تغییر رنگی توسط معرف‌ها ایجاد نشد و پس از آن معرف‌ها به‌طور پیوسته از سبز به آبی (بروموکروزول گرین) و از زرد به قرمز (فنل رد) تغییر رنگ دادند.

معرف برموکروزول گرین که در محیط اسیدی سبز رنگ می‌باشد با افزایش pH و فاسدشدن مرغ به رنگ آبی (در محیط قلیایی) تغییر رنگ داد (شکل 1). معرف فنل رد که در محیط اسیدی زردرنگ می‌باشد با افزایش pH و فاسدشدن مرغ به رنگ قرمز (در محیط قلیایی) تغییر رنگ داد (شکل 2). این معرف‌ها به مدت 3 روز که مدت نگه‌داری گوشت مرغ می‌باشد پایش شده‌اند و با نگه‌داری بیش‌تر مرغ فاسد شده تغییر رنگ بیش‌تری توسط این معرف‌ها ثبت نشد.

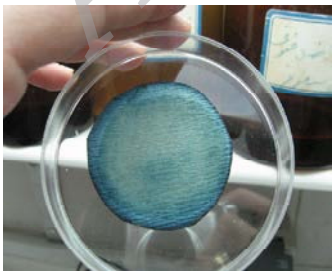
در واقع باکتری‌ها وقتی از حد مجاز بالاتر روند، باعث فساد گوشت مرغ می‌شوند که به‌وجود آورنده pH قلیایی بوده و منجر به افزایش TVN می‌گردند که روی تغییر رنگ معرف‌ها نیز موثر می‌باشند و با نتایج پاکوئیت (2007) نیز مطابقت دارد.

4- نتیجه‌گیری

مطابق با نتایج به‌دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که از معرف‌های رنگی می‌توان برای ارزیابی فساد گوشت مرغ استفاده نمود؛ در واقع می‌توان از این معرف‌ها به عنوان یک نوع تاریخ انقضا برای تشخیص فساد بر روی بسته‌ها استفاده کرد. دقت اندیکاتور بالا می‌باشد و با شروع فساد، رنگ معرف نیز تغییر می‌نماید. معرف‌های بروموکروزول گرین و فنل رد با افزایش pH، TVN و میزان باکتری‌ها شروع به تغییر رنگ نمودند و میزان فساد گوشت مرغ را نشان دادند. تغییر رنگ معرف‌ها با شمارش کلی باکتری‌ها، pH و TVN رابطه مستقیم دارد.



(الف) معرف بروموکروزول گرین قبل از تغییر رنگ



(ب) معرف بروموکروزول گرین بعد از تغییر رنگ

شکل (1) تغییرات رنگ معرف بروموکروزول گرین استفاده‌شده به عنوان شناساگر در نمونه گوشت مرغ که در شکل (الف) معرف به رنگ سبز می‌باشد نشانگر سالم بودن مرغ و شکل (ب) که معرف به رنگ آبی تغییر نموده نشانگر مرغ فاسد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

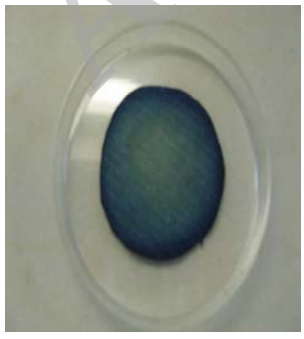
(الف) معرف فنل رد قبل از تغییر رنگ

(ب) معرف فنل رد بعد از تغییر رنگ

شکل (2) تغییرات رنگ معرف فنل رد استفاده‌شده به عنوان شناساگر در نمونه گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده که در شکل (الف) که معرف به رنگ زرد می‌باشد نشانگر سالم بودن مرغ و شکل (ب) که معرف به رنگ قرمز تغییر نموده نشانگر مرغ فاسد می‌باشد.

شکل (3) مراحل تغییر رنگ معرف فنل رد استفاده‌شده به عنوان شناساگر در نمونه گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده که معرف با افزایش بار میکروبی از رنگ زرد به رنگ قرمز تغییر کرده است.

(الف)

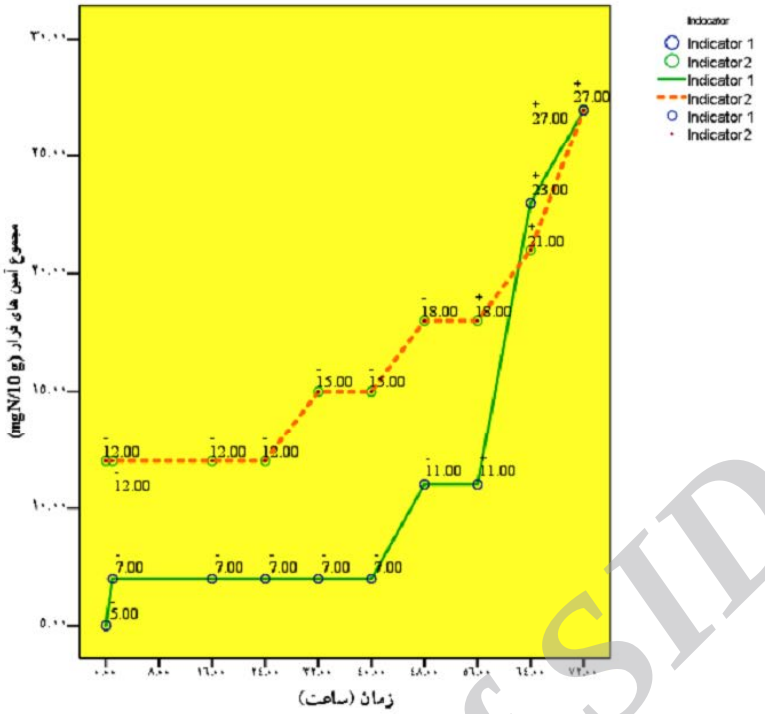


(ب)

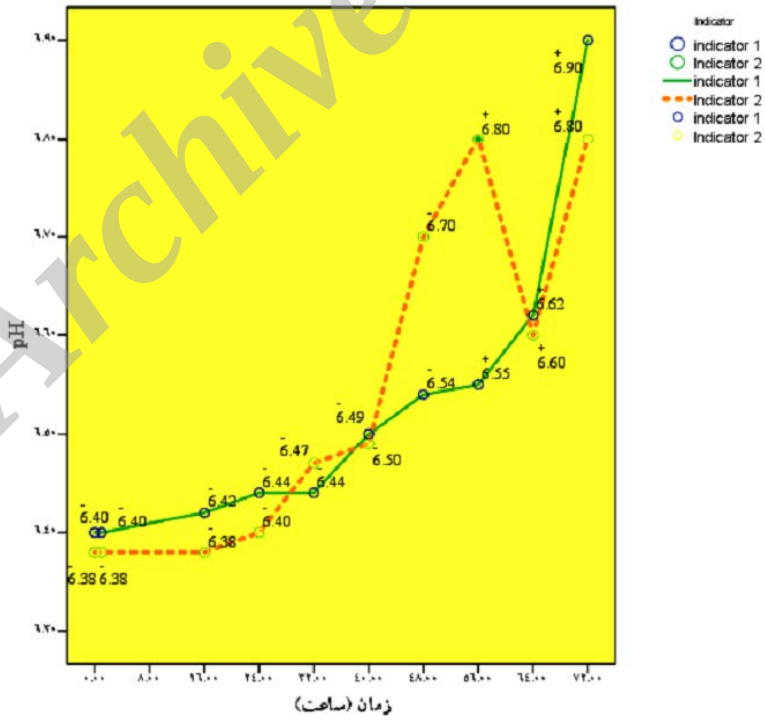
شکل (4) مراحل تغییر رنگ معرف بروموکروزول گرین استفاده‌شده به عنوان شناساگر در نمونه گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده که معرف با افزایش بار میکروبی از رنگ سبز (الف) به رنگ آبی (ب) تغییر کرده است.

Archive of SID

www.SID.ir



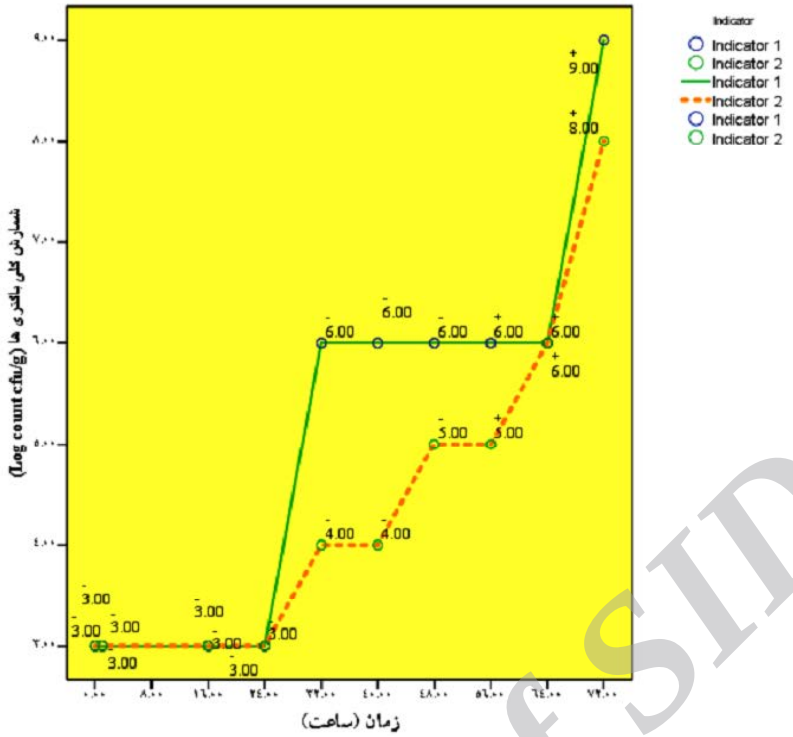
شکل (5) ارتباط مجموع آمین‌های فرار و تغییر رنگ ایجادشده توسط معرف‌ها (3 mL) در گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در 4±2 °C، اندیکاتور1: بروموکروزول گرین، اندیکاتور2: فنل رد



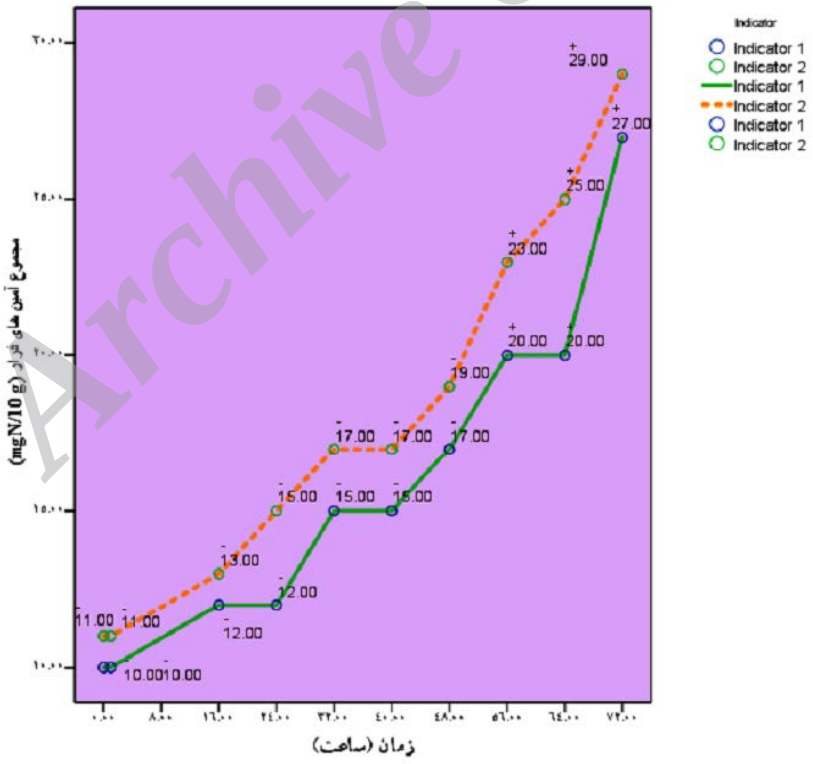
شکل(6) ارتباط pH و تغییر رنگ ایجادشده توسط معرف‌ها (3 mL) در گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در 4±2 °C اندیکاتور 1: بروموکروزول گرین، اندیکاتور 2: فنل رد

Archive of SID

www.SID.ir



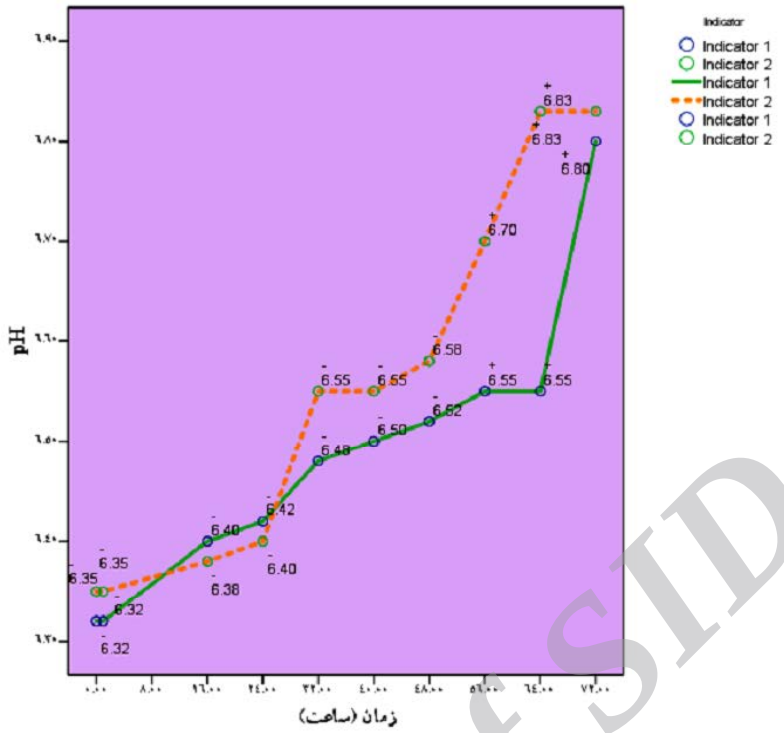
شکل (7) ارتباط شمارش کلی باکتری‌ها و تغییر رنگ ایجادشده توسط معرف‌ها (3 mL) در گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در 2±4 °C، اندیکاتور 1: بروموکروزول گرین، اندیکاتور 2: فنل رد



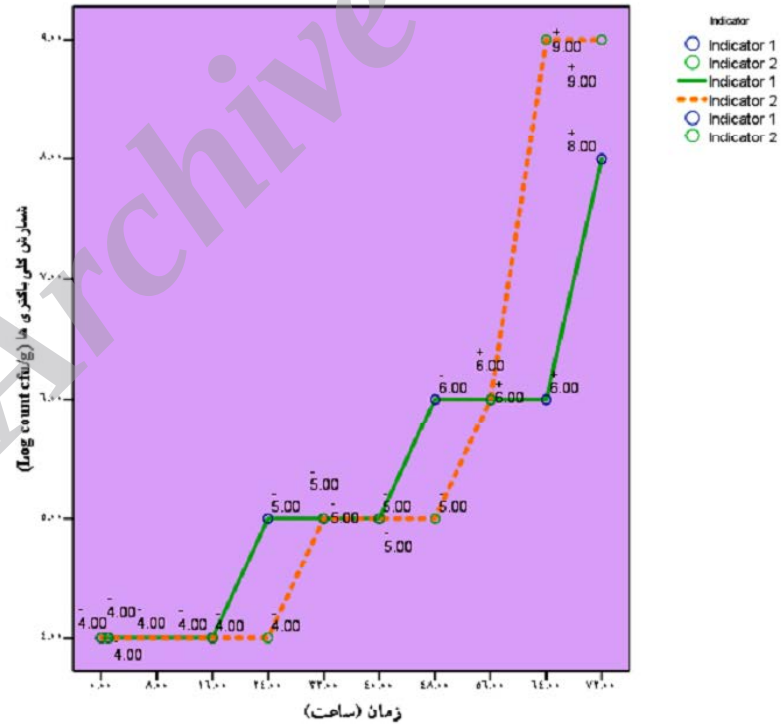
شکل (8) ارتباط مجموع آمین‌های فرار و تغییر رنگ ایجادشده توسط معرف‌ها (4 mL) در گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در 2±4 °C، اندیکاتور 1: بروموکروزول گرین، اندیکاتور 2: فنل رد

Archive of SID

www.SID.ir



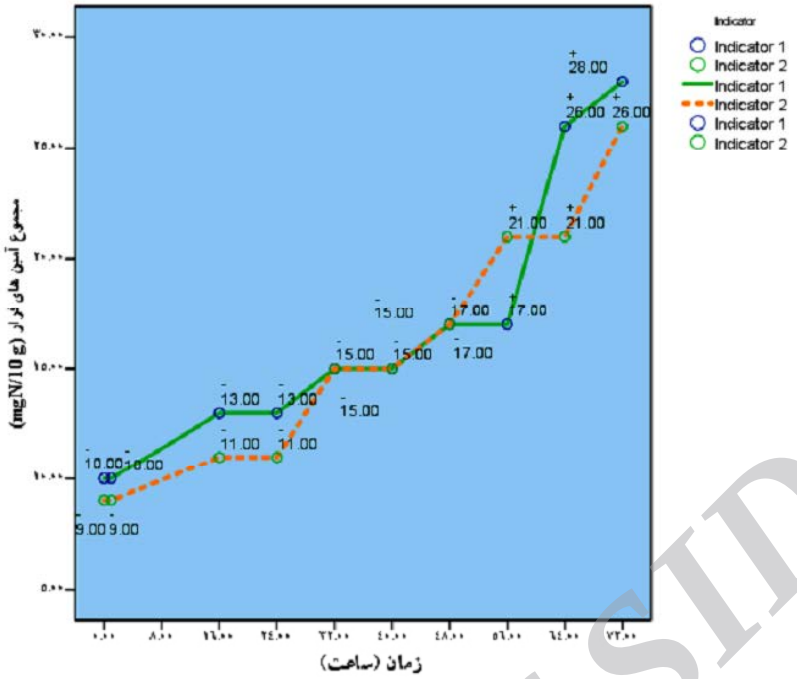
شکل (9) ارتباط pH و تغییر رنگ ایجادشده توسط معرف‌ها (4 mL) در گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در 4±2 °C اندیکاتور 1: بروموکروزول گرین، اندیکاتور 2: فنل رد



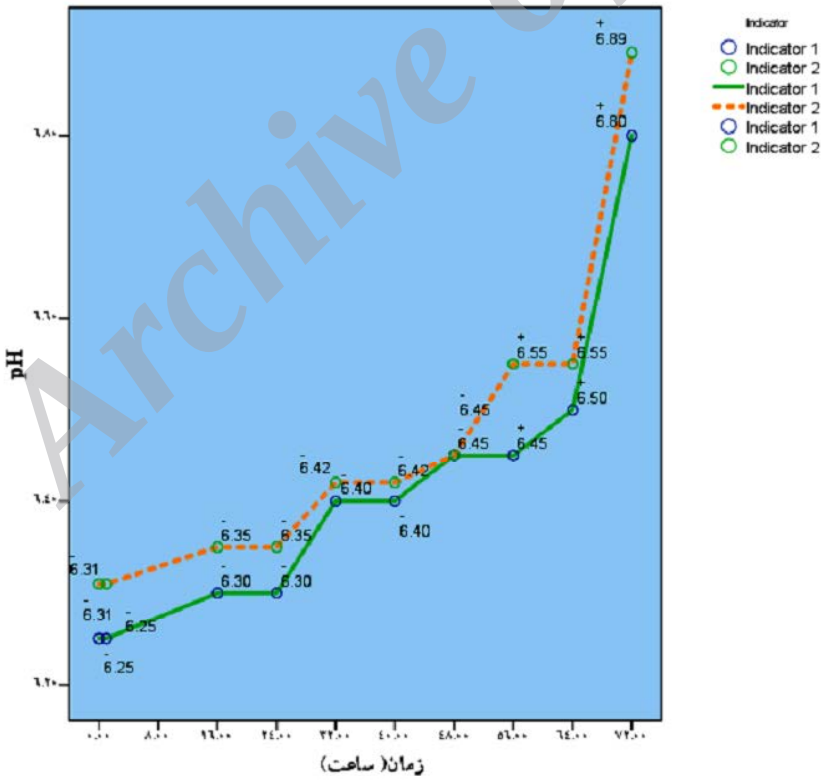
شکل (10) ارتباط شمارش کلی باکتری‌ها و تغییر رنگ ایجادشده توسط معرف‌ها (4 mL) در گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در 4±2 °C، اندیکاتور 1: بروموکروزول گرین، اندیکاتور 2: فنل رد

Archive of SID

www.SID.ir



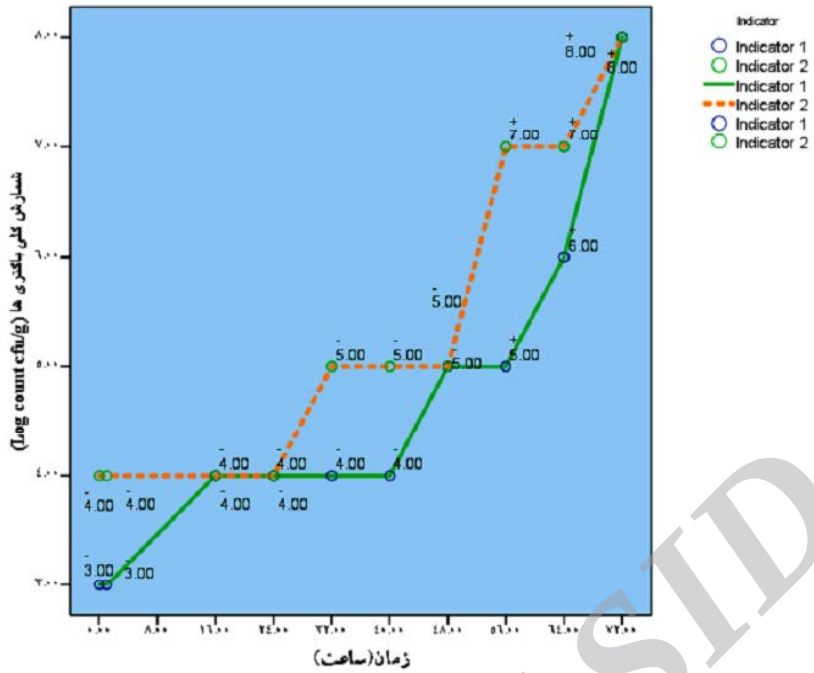
شکل (11) ارتباط مجموع آمین‌های فرار و تغییر رنگ ایجادشده توسط معرف‌ها (5 mL) در گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در 4±2 °C، اندیکاتور 1: بروموکروزول گرین، اندیکاتور 2: فنل رد



شکل (12) ارتباط pH و تغییر رنگ ایجادشده توسط معرف‌ها (5 mL) در گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در 4±2 °C. اندیکاتور 1: بروموکروزول گرین، اندیکاتور 2: فنل رد

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (13) ارتباط شمارش کلی باکتری‌ها و تغییر رنگ ایجادشده توسط معرف‌ها (5 mL) در گوشت مرغ بسته‌بندی‌شده در °C 2±4، اندیکاتور 1: بروموکروزول گرین، اندیکاتور 2: فنل رد

منابع

[1] صداقت، ن. (1386) بسته‌بندی گوشت و فراورده‌های آن. مجله *فناوری و توسعه صنعت بسته‌بندی*، سال سوم، شماره 26، ص 76-81.

[2] Balamatsia, C., Patsias, A., Kontominas, M., Savvaidis, I. (2007). Possible role of volatile amines as quality-indicating metabolites in modified atmosphere-packaged chicken fillets: Correlation with microbiological and sensory attributes. *Food Chem.*, 1622–1628.

[3] Kerry, J., Butler, P. (2008). *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods*. John Wiley & Sons, Ltd.

[4] Kerry, J., O'Grady, M., Hogan, M. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products. *Meat Sci.*, 74, 113–130.

[5] فتحی، م؛ محبی، م. (1389) افزایش امنیت غذایی با استفاده از فناوری نانو، ماهنامه *فناوری نانو*، سال نهم، شماره 4، ص 16- 19.

[6] Brockmann, M. (1958). Refining. U. S. Patent 2, 950, 202, Aug 23, 1960.

[7] Power, B., Isidor, C. (1954). Refining. U.S. Patent 2, 823, 131, Feb 11, 1958.

[8] Pacquit, A., Frisby, J., Diamond, D., Lau, K., Farrell, A., Quilty, B., Diamond, D. (2007). Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage. *Food Chem.*, 466–470.

[9] Pacquit, A., Lau, K., McLaughlin, H., Frisby, J., Quilty, B., Diamond, D. (2006). Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage. *Talanta*, 69, 515–520.

[10] Kuswandi, B., Restyana, A., Abdullah, A., Heng, L., Ahmad, M. (2012). A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film. *Food Control*, 25, 184-189.

[11] Hong, S., Park, W. (2000). Use of color

Archive of SID

www.SID.ir

indicators as an active packaging system for evaluating kimchi fermentation. *J. Food ENG.*, 46, 67-72.

[12] غلامزاده، م. (1391) تاثیر عصاره‌های زیره سیاه و سیاه‌دانه و تلفیق آن‌ها بر برخی ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی در دوره نگه‌داری ماهی کپور نقره‌ای در دمای یخچال ^{o}C 10-4. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران.

[13] موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (1379) روش جامع برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در 30 درجه سلیسیوس. استاندارد ملی ایران، شماره 5272، چاپ اول، ص 1- 10.

Archive of SID

www.SID.ir