

بسته‌بندی برگر سویا در فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر پایه پلی‌اتیلن سبک تلفیق شده با نانو ذرات فلزی

فرانک بیگ محمدی^۱، سیدهادی پیغمبردوست^{۲*}، جواد حصارى^۲، صدیف آزادمرد دمیرچی^۲، سیدجمال‌الدین پیغمبردوست^۴

۱. دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز

۲. استاد تکنولوژی مواد غذایی، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز

۳. دانشیار شیمی مواد غذایی، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز

۴. استادیار علوم و تکنولوژی پلیمر، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه تبریز، تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۴، تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲)

چکیده

فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر پایه پلی‌اتیلن سبک حاوی درصدهای مختلفی از مخلوط نانو ذرات فلزی نقره، اکسید مس و اکسید روی با روش اکستروژن مذاب تولید شد. برگر سویا در یکی از واحدهای صنعتی تولید و با فیلم‌های نانوکامپوزیتی بسته‌بندی و به مدت ۸ هفته در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. بار میکروبی برگر از هفته صفر تا هفته هشت، جهت تعیین شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و تعداد کپک و مخمر بررسی گردید. نتایج نشان داد که در تمام فیلم‌های نانوکامپوزیتی به کار رفته، برای رشد هر دو نوع میکروارگانیسم، روند کاهشی دیده شد. بار میکروبی شمارش کلی در فیلم‌های نانوکامپوزیتی از $\log 5/77$ به $\log 2$ و برای کپک و مخمر از $\log 4/85$ به $\log 3/07$ رسید. فیلم نانوکامپوزیتی حاوی ۱٪ اکسید روی (فاقد نانو ذرات نقره و اکسید مس) به‌عنوان ترکیب بهینه برای کاهش شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و نیز کپک و مخمر با درجه مطلوبیت بیش از ۰/۹۵ معرفی شد. همچنین مدل‌های میکروبی برای هر تیمار با استفاده از نرم‌افزار Design Expert پیشنهاد شد. نقطه بهینه فوق در نرم‌افزار SPSS با آنالیز واریانس یک طرفه در سطح اطمینان ۹۵ درصد اعتبارسنجی شد. تفاوت بین نقطه بهینه با تکرار آن‌ها معنی‌دار نبود، در حالی که این نقطه با تیمار پلی‌اتیلن خالص تفاوت معنی‌دار داشت. بر اساس استاندارد صنعت ژاپن، JIS Z 2801:2000، که در زمینه تولید فیلم‌های ضد میکروبی پیشرو است، فیلم فعال تولیدشده در این تحقیق دارای اثر ضد میکروبی بود. آزمون مهاجرت نانو ذرات فلزی فقط بر روی فیلم نقطه بهینه انجام شد و نتایج نشان داد که مهاجرت این نانو ذرات به داخل مشابه غذایی صفر بوده است.

واژه‌های کلیدی: بسته بندی، پلی‌اتیلن با دانسیته پایین، نانوفلز، ضد میکروبی، نانوکامپوزیت، برگر سویا.

* نویسنده مسئول: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

۱- مقدمه

و اکسید روی (۵ و ۱۰ درصد) به روش اختلاط مذاب تهیه و گوشت سینه مرغ در آن‌ها بسته‌بندی گردید و در زمان‌های ۰، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۱ روز نگهداری شد و بازمیکروبی، خواص حسی، رنگ گوشت، ویژگی ظاهری و اکسیداسیون لیپیدها به روش اسید تیوبابیتوریک با اندازه‌گیری مالون دی آلدئید مورد بررسی قرار گرفت. آزمون مهاجرت نیز بر روی فیلم‌های حاوی ۱۰٪ نانو ذرات فلزی صورت گرفت. آزمون مهاجرت روی ماده آبی مشابه غذایی به عنوان جایگزین گوشت جوجه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز انجام شد و غلظت نانو ذرات مهاجرت کرده به مشابه غذایی با ICP_MS بررسی شد. بر اساس استاندارد صنعت ژاپن، JIS Z 2801:2000، چنانچه نانوکامپوزیت بتواند بیش از ۲ سیکل لگاریتمی بار میکروبی را کاهش دهد، دارای اثر ضد میکروبی است. نانوکامپوزیت‌ها بر هر سه میکروارگانیسم *اشرشیاکلی*، *سودوموناس آئروژینوزا* و *لیستریا مونوسیټوژنس* اثر ضد میکروبی داشتند و بین نانوکامپوزیت‌ها، در سطوح مختلف نانو ذرات، تفاوت زیادی از این لحاظ وجود نداشت. مهاجرت نانو ذرات نقره و روی به ترتیب کم‌تر از ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بسیار کم‌تر از سطح استانداردهای مربوطه یعنی ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، می‌باشد. خواص حسی گوشت از لحاظ رنگ و خواص ظاهری به میزان کم‌تر، تحت تاثیر نوع بسته‌بندی قرار گرفت که تفاوتی بین نانوکامپوزیت‌ها مشاهده نشد. سرعت اکسیداسیون لیپیدهای گوشت مرغ در فیلم‌های نانوکامپوزیتی نسبت به فیلم شاهد با روند کم‌تری افزایش یافت [۶].

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه بسته‌بندی فعال گوشت با مواد ضد میکروبی طبیعی انجام شده، ولی در مورد استفاده از ترکیبات فعال مانند نانو ذرات فلزی تحقیقات بسیار کمی صورت گرفته است [۶]. اگرچه فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر پایه LDPE که حاوی نانو ذرات فلزی می‌باشند، در سطح آزمایشگاهی بررسی شده، اما براساس اطلاعات موجود، تاکنون پژوهشی در زمینه بسته‌بندی محصولات گوشتی با فیلم‌های LDPE فعال ضد میکروبی حاوی نانو ذرات فلزی صورت نگرفته است. لذا هدف از این تحقیق، بسته‌بندی برگر سوپای تولید شده به روش صنعتی در فیلم‌های

نانوکامپوزیت‌ها ترکیباتی چندفازی هستند که حداقل، ابعاد یکی از فازهای آن کم‌تر از ۱۰۰ نانومتر است [۱]. نانو ذرات نقره، مس و اکسید روی از پرکاربردترین نانو ذرات فلزی در تولید فیلم‌های ضد میکروبی هستند. نقره بر طیف وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت، گرم منفی، قارچ، پروتوزوئ و ویروس مؤثر است و به دلیل داشتن نسبت سطح به حجم بالا، با دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها به راحتی واکنش می‌دهد [۲]. در اروپا، فقط تعداد کمی از این سیستم‌ها توسعه یافته و به کار برده می‌شود. اروپا در مقایسه با آمریکا، ژاپن و استرالیا، به علت قوانین اروپایی سخت برای موادی که در تماس با غذا هستند و به طور کامل توسط تکنولوژی نوین پوشش داده نشده‌اند، از کاربرد این سیستم جلوگیری می‌کند. به علاوه فقدان دانش کافی و مدارک محکم از کارایی و ایمنی ثابت شده این مواد، استفاده تجاری آن‌ها را محدود کرده است [۳]. فیلم‌های پلی‌اتیلنی ضد میکروبی چند لایه تولید شده با روش روزن‌رانی مرکب (کواکستروژن) و پوشش داده شده، برای بسته‌بندی گوشت گوساله چرخ‌شده به کار رفته است [۴]. در بین بسته‌بندی‌های فعال، نوع ضد میکروبی اهمیت بیشتری دارد. گوشت گوساله عمر نگهداری ۵-۳ روز در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد را دارد و توسط سودوموناس، انتروباکتريا و باکتری‌های اسیدلاکتیک فاسد می‌شود. به علاوه گوشت و فراورده‌های گوشتی توسط *لیستریا مونوسیټوژنس*، *سالمونلا تیفی موربوم*، *سالمونلا انتریتیدیس*، *E. Coli O157:H7* و *یرسینا انتروکولیتیکا* آلوده می‌شود. باکتری‌های عامل فساد نیز سبب تغییر خواص ارگانولپتیکی گوشت می‌شوند. بسیاری از روش‌های نگهداری از قبیل خشک‌کردن، انجماد و استفاده از نگهدارنده‌ها برای گوشت تازه قابل استفاده نمی‌باشد. بسته‌بندی گوشت تحت خلا و MAP نیز ممکن است سبب آلودگی با باکتری‌های میکروآئروفیل و بی‌هوازی شود. به عنوان مثال فیلم‌هایی که از اسیدلاکتیک به عنوان ماده ضد میکروبی در تولید آن‌ها استفاده می‌شود، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده که دلیل آن وجود این محصول در گوشت است [۵]. در پژوهشی، نانوکامپوزیت‌هایی بر پایه LDPE از نانو ذرات نقره

نانوکامپوزیتی بر پایه پلی‌اتیلن سبک با نانو ذرات فلزی و بررسی خواص میکروبی آن‌ها و میزان مهاجرت این نانو ذرات به داخل مشابه غذایی می‌باشد.

لامپ‌های ویژه برای نانو ذرات اکسید روی و اکسید مس اندازه‌گیری شد [۷].
مدل آماری مورد استفاده جهت ارائه مدل‌های میکروبی و پیشنهاد نقطه بهینه Combined Design از نوع D-Optimal در نرم‌افزار Design Expert با تعداد ۳۲ تیمار بود. اجزای مخلوط، A، B، C و به ترتیب درصد نانو ذرات نقره، اکسید مس و اکسید روی و D فاکتور فرایند زمان بر حسب هفته بودند. تعداد پاسخ‌ها دو عدد و تعیین تعداد کلنی‌های شمارش کلی و کپک و مخمر در گرم بود. Trans مربوط به طرح آماری ۱۰ Base log و مدل پیشنهادی Linear×Cubic یا Modified بود. برای اعتبارسنجی نقطه بهینه و بررسی اختلاف آن با پلی‌اتیلن خالص از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون‌های توکی و شف در نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

۲- مواد و روش‌ها

برگر سویا با ترکیبات پودر سویا، آرد، روغن جامد، ادویه و نمک در شرکت فراورده‌های گوشتی آفرین باختر، کرمانشاه تولید و به میزان ۱۰۰ گرم در فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر پایه پلی‌اتیلن که با درصد‌های متفاوت از نانو ذرات فلزی (جدول ۱) به روش اختلاط مذاب [۸] در مرکز تحقیقات پتروشیمی تبریز تولید شده بود، با ماشین دوخت حرارتی (دوخت پلاست) بسته‌بندی شد. فیلم‌ها قبل از بسته‌بندی به ابعاد ۱۲۰×۱۱۰ mm برش داده و توسط الکل ضدعفونی شدند. سپس در دمای 18 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ هفته نگهداری و در فواصل روز تولید و در هفته‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ آزمایش‌های مربوطه انجام شد. عمر نگهداری برگر سویا در دمای 18 درجه سانتی‌گراد، ۶ ماه است. رقت‌های مختلفی از 10^{-1} تا 10^{-6} از برگر مورد آزمایش با محلول پیتون ۰/۱ درصد تهیه شد. کشت پورپلیت دو لایه بر روی محیط کشت پلیت کانت آگار برای رشد باکتری‌های مزوفیل و کشت پورپلیت بر روی محیط رزبنگال کلرامفنیکل آگار برای رشد کپک و مخمر به کار رفت. پلیت‌های شمارش کلی در 37 درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ روز و پلیت کپک و مخمر در 25 درجه سانتی‌گراد به مدت ۵-۳ نگهداری و سپس شمارش شدند.

۳- نتایج و بحث

بر اساس طرح آماری پیشنهادی نرم‌افزار، میانگین کلنی‌های شمارش شده برای آزمون شمارش کلی و کپک و مخمر به‌طور جداگانه به شرح جدول ۱ می‌باشد. بار میکروبی شمارش کلی، از هفته اول تا هفته هشتم، روند کاهشی داشته و از $5/77 \log$ در هفته صفر به $2 \log$ در هفته هشت، کاهش یافت که تاییدی بر ضد میکروبی بودن فیلم‌های نانوکامپوزیتی فوق است [۶]. بار میکروبی کپک و مخمر نیز از $4/85 \log$ در هفته صفر به $3/07 \log$ در هفته هشت کاهش یافت که کم‌تر از $2 \log$ کاهش دیده شد (شکل ۱ و ۲). امامی‌فر و همکاران تاثیر ضد میکروبی نانوکامپوزیت‌های پلی‌اتیلن با دانسیته پایین $P105(TiO_2 95\%+Ag 5\%)$ و نانو ذرات اکسید روی را بر لاکتوباسیلوس پلانتروم در آب پرتقال مورد بررسی قرار دادند [۸]. نتایج نشان داد که فیلم‌های فعال فقط کاهش بار میکروبی به میزان $0/55 \log$ داشتند.

بر اساس طرح آماری پیشنهادی، مقدار R^2 برابر $0/94661$ ، R^2 به‌دست آمده، $0/93382$ و مقدار R^2 پیش‌بینی شده $0/91178$ است که همبستگی خوبی بین آن‌ها وجود دارد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از Combined Design بهترین مدل بر اساس مهم‌ترین خصوصیت آن مانند معنی‌دار بودن، عدم

آزمون آزادسازی نانو ذرات فلزی بر اساس قوانین اروپا برای مواد پلاستیکی در تماس با سطح غذا (قوانین 10/2011/EU) انجام شد. آزمون مهاجرت با مشابه غذایی آب مقطر برای مواد غذایی با pH خنثی و نزدیک آن صورت گرفت. کیسه‌هایی با ابعاد 15×15 سانتی‌متر مربع از فیلم‌های نانوکامپوزیتی تهیه و با ۲۰۰ mL از محلول فوق پر و سپس دوخت حرارتی شد و در 40 درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز نگهداری گردید و غلظت نانو ذرات نقره با اسپکتروفتومتر جذب اتمی ANALYTIKJENA NOVAA 400 ساخت کشور آلمان، مجهز به کوره گرافیتی برای نانو ذرات نقره و مجهز به

1. R-Squared
2. Adj R-Squared
3. Pred R-Squared

مقدار $0/9178$ در تناسب منطقی با Adj R-Squared یا برای Adeq R-Squared نیز مطلوب بوده که در این طرح رگرسیون تنظیم شده، به میزان $0/9338$ می‌باشد. مقدار بیش‌تر از 4 برای Adeq R-Squared نیز مطلوب بوده که در این طرح مقدار $22/259$ به‌دست آمده است. برای کپک و مخمر، Pred R-Squared یا رگرسیون پیش‌بینی شده با مقدار $0/7533$ در تناسب منطقی با Adj R-Squared یا رگرسیون تنظیم شده به میزان $0/7656$ می‌باشد. مقدار بیش‌تر از 4 به‌صورت معادله (۲) می‌باشد:

$$\text{Log}_{10} (\text{Total Count (CFU/gr)}) = +3.68 * \text{Ag} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} &+ 3.67 * \text{CuO} \\ &+ 2.83 * \text{ZnO} \\ &- 1.85 * \text{Ag} * \text{Time} \\ &- 1.79 * \text{CuO} * \text{Time} \\ &+ 1.15 * \text{ZnO} * \text{Time}^2 \\ &- 1.82 * \text{ZnO} * \text{Time}^3 \end{aligned}$$

تاکنون مواد طبیعی زیادی در فیلم‌های بسته‌بندی گوشت و فراورده‌های آن به‌کار رفته [۲، ۴، ۹]، اما گزارشی از فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر اساس پلی‌اتیلن دانسیته پایین با نانو ذرات فلزی فوق در بسته‌بندی گوشت و محصولات گوشتی وجود

$$\text{Log}_{10} (\text{Yeast \& Mold (CFU/gr)}) = +4.80764 * \text{Ag} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} &+ 4.90428 * \text{CuO} \\ &+ 4.60830 * \text{ZnO} \\ &- 0.21121 * \text{Ag} * \text{Time} \\ &- 0.19267 * \text{CuO} * \text{Time} \\ &- 0.16395 * \text{ZnO} * \text{Time} \end{aligned}$$

ندارد. اگرچه فیلم‌های نانوکامپوزیتی با دانسیته پایین حاوی نانو ذرات نقره و مس در بسته‌بندی گوشت مرغ مورد بررسی قرار گرفته است [۶].

همان‌طور که معادله (۱) نشان می‌دهد، نانو ذرات نقره، اکسید مس و اکسید روی هر کدام به تنهایی تاثیر خاصی بر شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها داشته، به‌طوری‌که اثر مهارکنندگی اکسید مس و اکسید روی بیش‌تر از نقره است. در تاثیر متقابل این فاکتورها با زمان، تاثیر بازدارندگی بر شمارش کلی داشته و در این حالت تاثیر نانو ذرات نقره کمی بیش‌تر از تاثیر نانو ذرات اکسید مس بود. در ترکیب با زمان، اکسید روی با زمان به توان دو و به توان سه، در این معادله موثر بوده و باعث کاهش شمارش کلی می‌شود. در معادله (۲) که برای رشد کپک و مخمر پیشنهاد شده، در تاثیر هر کدام از نانو ذرات به‌طور جداگانه اکسید روی مؤثرتر از دو نانو ذره دیگر بوده و در ترکیب غلظت نانو ذرات با زمان ابتدا نقره و سپس اکسید مس و اکسید روی به ترتیب مؤثرتر بودند. خاصیت بازدارندگی اکسید روی با قطر 70 نانومتر و غلظت 12 میلی‌مول بر لیتر بر *E.Coli O157:H7* به اثبات رسیده است [۱۰]. فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر پایه پلی‌اتیلن سبک حاوی نانو ذرات نقره و اکسید روی به میزان 5 و 10 درصد تولید شده و گوشت مرغ در آن‌ها بسته‌بندی گردید. نتایج نشان داد که بار میکروبی *E.coli* به میزان $\log 7/34$ کاهش یافت [۶].

برای تعیین نقطه بهینه، سطح نانو ذرات نقره در حداقل، POE یا Propagation of Error حداقل با اهمیت +++ نانو ذرات اکسید روی و نانو ذرات اکسید مس در دامنه با نگره‌داشته شد. جدول ۴ نقطه بهینه پیشنهادی نرم‌افزار را بر اهمیت +++، زمان مساوی ۸ هفته با اهمیت +++، رشد اساس درجه مطلوبیت آن نشان می‌دهد. نقطه شماره ۱ برای شمارش کلی و کپک و مخمر حداقل با اهمیت +++ و شمارش کلی توسط نرم‌افزار به‌عنوان نقطه مطلوب و بهینه

جدول (۲) نتایج آنالیز واریانس طرح آماری برای پاسخ شمارش کلی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	ارزش F	ارزش P
مدل	۶۴/۵۲	۶	۱۰/۷۵	۷۳/۸۶	Significant ۰/۹۹۸۱
Linear mixture	5.488E-004	۲	2.744E-004	1.885E-003	<۰/۰۰۰۱
AD	۱۷/۶۴	۱	۱۷/۶۴	۱۲۱/۱۹	<۰/۰۰۰۱
BD	۱۶/۵۰	۱	۱۶/۵۰	۱۱۳/۳۶	۰/۰۰۱۷
CD ^۲	۱/۸۰	۱	۱/۸۰	۱۲/۳۸	<۰/۰۰۰۱
CD ^۳	۱۶/۲۶	۱	۱۶/۲۶	۱۱۱/۶۹	
Residual	۳/۶۴	۲۵	۰/۱۵		Not ۰/۰۷۰۶
Lack of fit	۳/۱۲	۱۷	۰/۱۸	۲/۸۰	
Pure Error	۰/۵۲	۸	۰/۰۶۵		
Cor total	۶۸/۱۶	۳۱			

A نانو ذرات نقره، B نانو ذرات اکسید روی، C نانو ذرات اکسید روی و D زمان می‌باشد.

جدول (۳) نتایج آنالیز واریانس طرح آماری برای پاسخ کپک و مخمری

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	ارزش F	ارزش P
مدل	۱۱/۴۱	۵	۲/۲۸	۲۱/۲۵	Significant
Linear mixture	۰/۱۵	۲	۰/۰۷۳۰	۰/۶۸	۰/۵۱۵۹
AD	۳/۶۵	۱	۳/۶۵	۳۴/۰۲	<۰/۰۰۰۱
BD	۳/۰۴	۱	۳/۰۴	۲۸/۳۱	<۰/۰۰۰۱
CD	۲/۲۰	۱	۲/۲۰	۲۰/۵۰	۰/۰۰۰۱
Residual	۲/۷۹	۲۶	۰/۱۱		
Lack of fit	۲/۷۹	۲۸	۰/۱۶		
Pure Error	.	۸	.		
Cor total	۱۴/۲۰	۳۱			

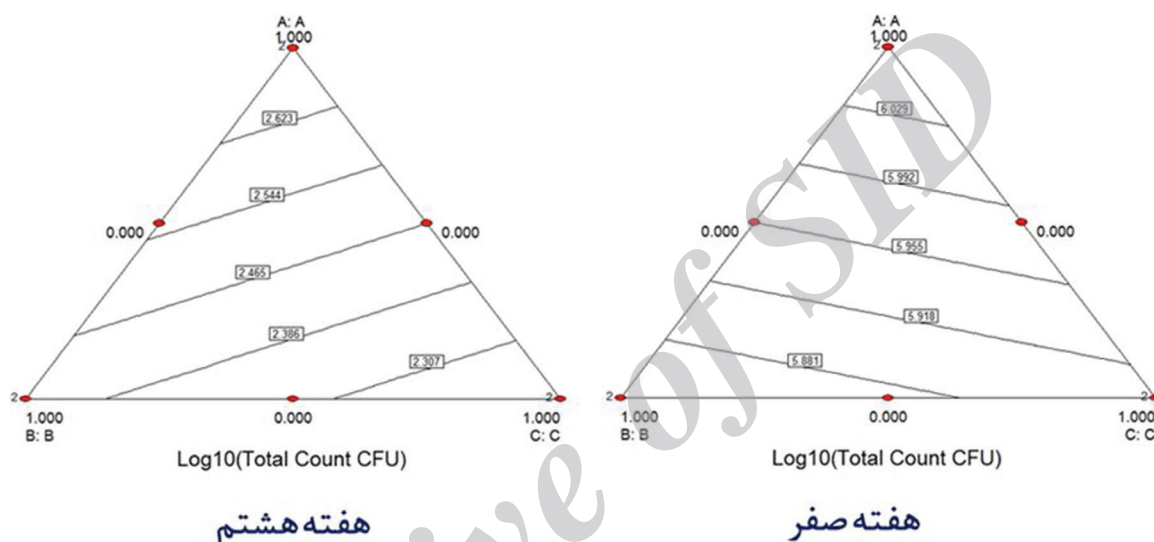
A نانو ذرات نقره، B نانو ذرات اکسید روی، C نانو ذرات اکسید روی و D زمان می‌باشد.

جدول (۴) درجه مطلوبیت ترکیب پیشنهادی نقطه بهینه بر روی شمارش کلی، کپک و مخمر

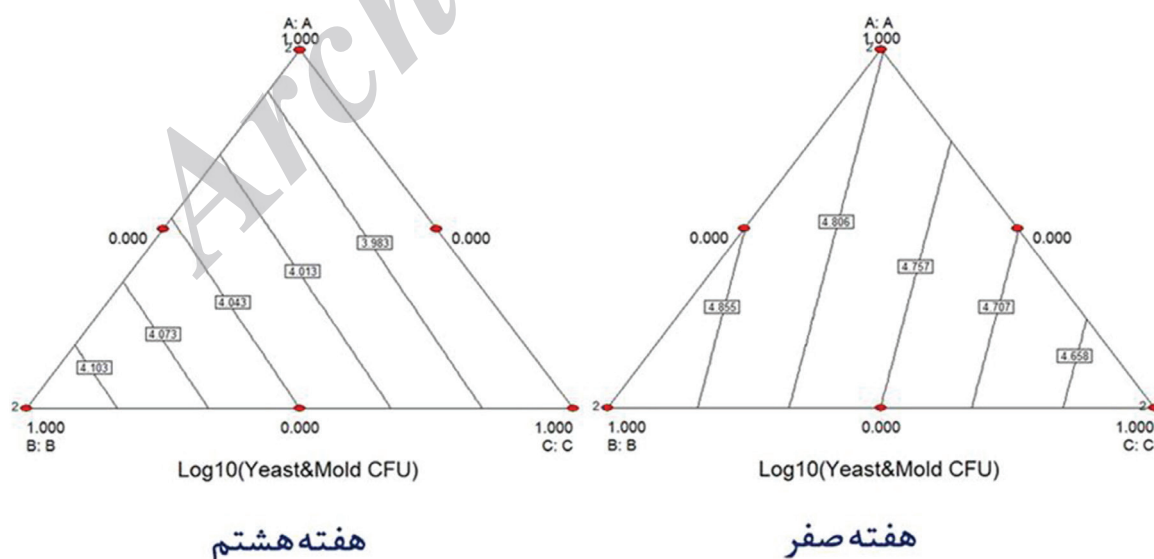
شماره	A	B	C	Micro.	Time	POE	Desirebility
شمارش کلی	۰	۰	۱	۸	۱/۸۷۵	-	۰.۹۹۹
کپک و مخمر	۰	۰	۱	۸	۳/۲۹۷	۰/۶۱۲	۰/۹۵۷

A نانو ذرات نقره، B نانو ذرات اکسید روی، C نانو ذرات اکسید روی و D زمان می‌باشد.

گزارش شد. این نقطه نانوکامپوزیتی است که فاقد نانو ذرات نقره و اکسید مس و حاوی ۱٪ نانو ذرات اکسید روی بوده که درجه مطلوبیت آن ۰/۹۵۷ است. به نظر می‌رسد نانو ذرات اکسید روی دارای اثرات ضد قارچی بیش‌تری است. برای اعتبارسنجی نقطه بهینه، برگر سویا را به‌طور دقیق در همان شرایط قبل که در صنعت گوشت بود، تولید نموده و در فیلم نانوکامپوزیتی نقطه بهینه که فاقد نانو ذرات نقره و اکسید مس و نیز حاوی ۱٪ نانو ذرات اکسید روی بود، برای بررسی بازمیکروبی شمارش کلی و کپک و مخمر بسته‌بندی نموده و



شکل (۱) نمودار Contour Plot مربوط به تاثیر فاکتورها بر رشد شمارش کلی در طی زمان‌های نگهداری هفته صفر و هشت



شکل (۲) نمودار Contour Plot مربوط به تاثیر فاکتورها بر رشد کپک و مخمر در طی زمان‌های نگهداری هفته صفر و هشت

در همان شرایط قبل نگهداری گردید. از طرفی برای مقایسه بین نقطه بهینه به دست آمده و پیش‌بینی شده و همچنین مقایسه آن‌ها با میزان بار میکروبی فیلم خالص در انتهای دوره نگهداری، از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون‌های توکی و شف در سطح اطمینان ۹۵٪ در نرم‌افزار SPSS ۱۷,۰,۱ استفاده شد. در هردو آزمون فوق بین نمونه‌های نقطه بهینه به دست آمده و پیش‌بینی شده ($p < 0.05$) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت در حالی که این دو نمونه با نمونه پلی‌اتیلن خالص تفاوت معنی‌دار داشتند. از آنجا که میزان نانو ذرات فلزی مهاجرت کرده به داخل مشابه غذایی صفر بود، نتیجه گرفته می‌شود که نانو ذرات بر روی سطح ماتریکس پلی‌اتیلن قرار گرفته‌اند و از این طریق نقش ضد میکروبی ایفا می‌کنند [۱۱]. نتایج آزمون مهاجرت نشان داد که میزان مهاجرت نانو ذرات اکسید روی در فیلم بهینه برای شمارش کلی صفر میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر پایه پلی‌اتیلن سبک که در آن‌ها نانو ذرات نقره، اکسید مس و اکسید روی تلفیق شده بود دارای خاصیت ضد میکروبی بر شمارش کلی و کپک و مخمر بوده، اگرچه این نانو ذرات بر شمارش کلی اثر ضد میکروبی بیش‌تری نشان دادند. به‌علاوه فیلم‌های فعال با ۱٪ نانو ذرات اکسید روی برای شمارش کلی و کپک و مخمر به‌عنوان نقطه بهینه گزارش شدند.

۵- سپاسگزاری

این تحقیق بخشی از رساله دکتری گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تبریز است. از شرکت فراورده‌های گوشتی آفرین باختر که ما را در تولید برگر سویا یاری نمودند، تشکر می‌شود.

منابع

- [1] Ajayan, P. M., Schadler, L. S., Braun, P. V. (2006). *Nanocomposite Science and Technology*, John Wiley & Sons, New York, pp 1-2.
- [2] Azeredo, H. M.C. (2009). Nanocomposites for food packaging applications. *Food Res. Int.*, 42, 1240-1253.
- [3] Ahvenainen, R. (2003). *Novel Packaging Techniques*, CRC Press, New York, pp 31-35.
- [4] Ha, J., Kim, Y., Lee, D. (2001). Multilayered antimicrobial polyethylene films applied to the packaging of ground beef. *Packag. Technol. Sci.*, 15, 55-62.
- [5] Coma, V. (2008). Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat based-products. *Meat Sci.*, 78, 90-103.
- [6] Panea, B., Ripoll, G., Gonzalez, J., Fernandez-Cuello, A., Alberti, P. (2014). Effect of nanocomposite packaging containing different proportions of ZnO and Ag on chicken breast meat quality. *J. Food Eng.*, 123, 104-112.
- [7] Huang, Y., Chen, S., Bing, X., Gao, C., Wang, T., Yuan, B. (2011). Nanosilver migrated into food-simulating solution from commercially available food fresh container. *Packaging Tech. Sci.*, 24, 291-297.
- [8] Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., Soleimanian-Zad, S. (2011). Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice. *Food Control*, 22, 408-413.
- [9] Camo, J., Beltrán, J. A., Roncalés, P. (2008). Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Sci.*, 80, 1086-1091.
- [10] Liu, Y., He, L., Mustapha, A., Li, H., Li, Z.Q., Lin, M. (2009). Antibacterial activities of zinc oxide

nanoparticle against *Escherichia coli* O157:H7. *J. Appl. Microbiol.*, 107, 1193-1201.

[11] Tong, G., Yulong, M., Peng, G., Zirong, X. (2005). Antibacterial effects of the Cu (II)-exchanged montmorillonite on *Escherichia coli* K88 and *Salmonella choleraesuis*. *Vet. Microbiol.*, 105, 113-122.

Archive of SID