مقاله ترویجی

مروری بر کاربرد بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته در بسته‌بندی گوشت مرغ

وحید بهشاد [۱]، ناصر صداقت [۲×]

تاریخ دریافت مقاله: بهمن ماه ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش مقاله: شهریور ماه ۱۳۹۹

چکیده

افزایش تولید و مصرف گوشت مرغ در ایران و همچنین روند رو به رشد آن در جهان نگرانی‌هایی را در زمینه حفظ کیفیت آن ایجاد می‌کند. استفاده از روش‌هایی به منظور کاهش ضایعات و حفظ کیفیت این فراورده از اهمیت بسیاری برخوردار است. دما، رطوبت، نور و فعالیت آبی از جمله عوامل اصلی تغییر نامطلوب کیفیت گوشت مرغ هستند که همه این‌ها در شرایط استفاده از بسته‌بندی‌ها با اتمسفر تغییر یافته(MAP) و بسته‌بندی تحت خلأ قابل کنترل می‌باشند. همچنین می‌توان این روش‌ها را به صورت تلفیقی با مواردی همچون بسته‌بندی‌های هوشمند، فعال و بسته‌بندی‌های ضدمیکروبی تلفیق نمود . با از بین بردن نگرانی‌های مربوط به کاهش کیفیت، طول مدّت نگهداری را چند برابر کرده و نیاز به انجماد را نیز برطرف نمود زیرا انجماد باعث کاهش کیفیت فراورده شده و انرژی زیادی مصرف می‌کند.

واژه‌های کلیدی

بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته، گوشت مرغ، بسته‌بندی فعّال

۱- مقدمه

مصرف گوشت مرغ در سال‌های اخیر افزایش داشته است که این موضوع می‌تواند علاوه بر ویژگی‌های حسی مطلوب این فراورده به دیدگاه مصرف‌کنندگان مبنی بر سالم بودن آن در مقایسه با گوشت قرمز نیز مربوط باشد(FAO)[۳] [۳]. این افزایش تولید و تقاضا (۱۲۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۷) نگرانی‌هایی را در زمینه نگهداری و حفظ کیفیت این ماده غذایی ایجاد می‌کند چرا که این فراورده به دلیل ترکیبات خاص خود به شدّت فسادپذیر است [۹]. طیف وسیع و در هم تنیده‌ای از عوامل می‌توانند بر کیفیت و فساد این ماده اثرگذار باشند که از میان آن‌ها می‌توان به شرایط محیطی(نور، رطوبت، اکسیژن و دما)، محتوای آب و میکروارگانیسم‌ها اشاره کرد. نقش اصلی بسته‌بندی محافظت از فراورده در برابر ضربه، تغییرات فیزیکی و شیمیایی و آلودگی میکروبی است که هر یک

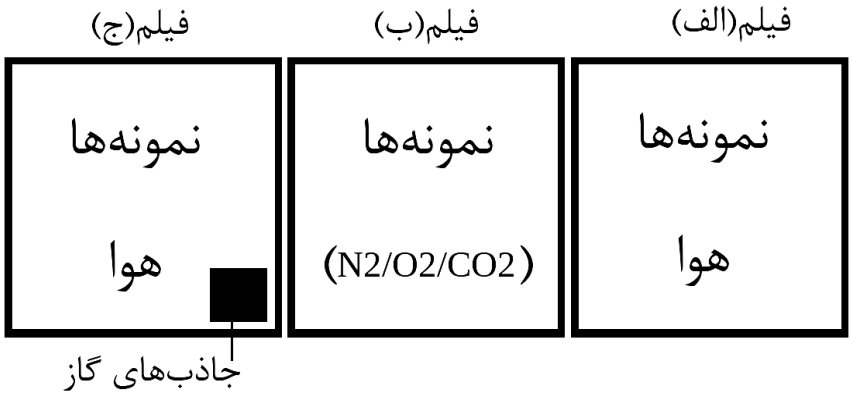
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد(vahidbehshad@mail.um.ac.ir)

۲- استاد گروه علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

(× نویسنده مسئول:sedaghat@um.ac.ir)

3- Food and Agriculture Organization(FAO)

می‌توانند موجب بدرنگی، بدطعمی، ایجاد بوی نامطلوب، از دست رفتن مواد مغذّی، تغییرات بافت و بیماری‌زایی شوند[۱۲]. در نتیجه استفاده از مجموعه روش‌ها در کنار هم برای مهار این ویژگی‌ها لازم است. به این منظور روش‌هایی نظیر بسته‌بندی MAP[1] و بسته‌بندی تحت خلأ[2] در تلفیق با بسته‌بندی‌های دارای نگهدارنده‌های طبیعی یا شیمیایی، که گاز درون بسته تخلیه شده و سپس ترکیب گازی مورد نظر وارد آن شود(یا مواد جاذب گاز در بسته بندی وجود داشته باشد) ولی در نوع غیرفعال با استفاده از پوشش خاص و بر اثر وقوع تنفس ماده غذایی یا انتشار گاز از درون بسته‌بندی ترکیب گازی مدنظر ایجاد می‌شود(شکل ۱).



شکل ۱- نمودار شماتیک بسته‌بندی MAP فعال و غیرفعال. الف) نوعی بسته‌بندی غیرفعال ب و ج) از انواع MAP فعال محسوب می‌شوند[۱۱]

تشعشع‌دهی[3] و بسته‌بندی هوشمند[4] و فعال استفاده شده‌اند تا به این صورت عوامل ایجادکننده فساد در این فراورده مهار شوند [۲].

بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته با دستکاری اتمسفر طبیعی هوا(۷۸٪ نیتروژن، ۲۱٪ اکسیژن و ۰/۰۳ ٪ دی اکسید کربن) در یک بسته‌بندی و به منظور دستیابی به زمان ماندگاری طولانی‌تر یا کیفیت بهتر حین نگهداری انجام می‌شود [۱۰].

این نوع بسته‌بندی به دو دسته فعال[5] و غیرفعال[6] تقسیم‌بندی می‌شود که نوع فعال در شرایطی ایجاد می‌شود

۲- بسته‌بندی با اتمسفر کنترل شده از نقطه نظر ویژگی‌های بیولوژیکی گوشت مرغ

باکتری‌ها و مخمرهایی که امکان وجود آن‌ها روی گوشت مرغ وجود دارد در (جدول ۱) ذکر شده‌اند. مؤثرترین عوامل در تعیین ویژگی‌های میکروبی گوشت مرغ شرایط حیوان حین ذبح، شرایط بهداشتی حین ذبح، دما و دیگر شرایط نگهداری هستند. بدیهی است که با از بین رفتن قابلیت‌های دفاعی بدن جانور پس از ذبح، شرایط برای وقوع فساد میکروبی گوشت ایجاد می‌شود [۲].

1- Modified Atmosphere Packaging
2- Vacuum Packaging
3- Irradiation
4- Intelligent Packaging
5- Active
6- Passive

جدول ۱- میکروارگانیسم‌های مورد انتظار به عنوان فلور میکروبی گوشت مرغ

باکتری	باکتری	مخمر
اسینتوباکتر	*کورتیا*	*کاندیدا*
آئروموناس	*استرپتوکوکوس*	*دباریومایسیس*
آلکالیژنس	*سراتیا*	*تریشوسپرون*
آلتروموناس	*استرپتومایسیس*	
آرتروباکتر	*لاکتوباسیلوس*	
باسیلوس	*لیستریا*	
بروکوتریکس	*لوکونوستوک*	
کروموباکتریوم	*میکروکوکوس*	
سیتروباکتر	*نایسریا*	
کلستریدیوم	*موراکسلا*	
کرینه باکتریوم	*پانتوآ*	
انتروباکتر	*پروتئوس*	
انتروکوکوس	*پلیسوموناس*	
اشرشیا	*پدیوکوکوس*	
فلاووباکتریوم	*پلانوکوکوس*	
هافنیا		
کامپیلوباکتر		
کرونوباکتریوم		

- *Acinetobacter- Aeromonas- Alcaligenes- Alteromonas- Arthrobacter- Bacillus- Brochothrix- Chromobacterium- Citrobacter- Clostridium- Corynobacterium- Enterobacter- Enterococcus- Escherichia- Flavobacterium- Hafnia- Campylobacter- Carnobacterium*
- *Kurthia- Streptococcus- Serratia- Streptomyces- Lactobacillus- Listeria- Leuconostoc- Micrococcus- Neisseria- Moraxella- Pantoea- Proteus- Plesiomonas- Pediococcus- Planococcus*
- *Candida- Debaryomyces- Trichosporon*

طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها بر روی گوشت مرغ وجود دارند و بخش‌های مختلف گوشت می‌توانند میکروارگانیسم‌های متفاوتی داشته باشند ولی در بیشتر موارد، باکتری‌هایی از خانواده سودوموناس‌ها باعث فساد گوشت مرغ در شرایط هوازی می‌شوند و به همین دلیل، جمعیت این باکتری‌ها نباید از 10^8 CFU/gr بیشتر باشد. البته در شرایط عملی نتیجه فساد توسط این باکتری پس از غالب شدن جمعیت آن در فراورده بروز می‌کند [۸]. همچنین در شرایطی که گوشت مرغ در سرما و شرایط هوازی نگهداری شده باشد انتروباکتریاسه‌های مقاوم به سرما (مانند هافنیا آلوی و انتروباکتریاسه کلواکه) نقش ایفا می‌کنند البته حتّی در این شرایط نیز این گونه‌ها از نظر تعداد در اکثریت نیستند[۱۳]. تفاوت ویژگی‌های میکروارگانیسم‌ها به این معنا است که با تغییر شرایط بسته‌بندی MAP(به عنوان مثال غنی از اکسیژن یا دی اکسید کربن) گونه‌های متفاوتی از میکروارگانیسم‌ها فعالیت می‌کنند.

استفاده از ترکیب گازی غالب دی اکسید کربن در MAP موجب افزایش تعداد باکتری‌های گرم مثبت نسبت

به گرم منفی می‌شود که بیشتر شامل باکتری‌های لاکتیک اسید و بروکوتریکس ترموسفاکتا[1] می‌باشد و همانطور که انتظار می‌رود تعداد باکتری‌های هوازی در چنین شرایطی کاهش می‌یابد[۲]. بر اساس بررسی‌های انجام شده نشان داده شده است که استفاده از اتمسفر دارای ۲۰-۱۰٪ دی اکسید کربن برای افزایش کوتاه مدّت زمان ماندگاری(۲ تا ۳ روز) مناسب است[٤]. ولی استفاده از اتمسفر ۱۰۰٪ دی اکسید کربن در مقایسه با نگهداری در شرایط خلأ از نظر کاهش رشد میکروبی بهتر است. جمعیت غالب میکروبی در این شرایط مربوط به باکتری‌های لاکتیک اسید بوده است[٦]. همچنین نگهداری گوشت مرغ در شرایط نگهداری در MAP با ترکیب گازی ۷۰٪ دی اکسید کربن و ۳۰٪ نیتروژن از نظر پایداری در برابر فساد میکروبی، زمان ماندگاری سه برابر بیشتر از شرایط نگهداری در هوای معمولی بوده است.

۲-۱- حضور میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا

هرچند که این میکروارگانیسم‌ها لزوماً عامل فساد نیستند ولی از آنجایی که حضور آن‌ها می‌تواند مشکلات بهداشتی و سلامتی به همراه داشته باشد؛ اهمیت دارند. در واقع ممکن است این میکروارگانیسم‌ها در مقادیر بسیار کم خطرساز باشند. مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در گوشت مرغ *آئرومونا‌س هیدروفیلا، لیستریا مونوسیتوژنز، یرسینیا انتروکولیتیکا، انواع سالمونلا، انتروهموراژیک اشرشیا کولای، کامپیلوباکتر ژژونی/کولای و استافیلوکوکوس اورئوس* هستند. این باکتری‌ها در شرایط اتمسفر تغییر یافته قابل کنترل هستند به نحوی که در بررسی‌های انجام شده باکتری *آئرومونا‌س هیدروفیلا* در اتمسفر با ترکیب ٤۰٪ دی اکسید کربن و ۶۰٪ اکسیژن و در دمای ۱-۷ درجه سانتی‌گراد از بین می رود [۷]. درضمن با اینکه استفاده از اتمسفر ۱۰۰٪ دی اکسید کربن باعث از بین رفتن بیشترین تعداد میکروارگانیسم‌ها می‌شود ولی در کنار محیط غنی از نیتروژن بیشترین زنده مانی کامپیلوباکتر ژژونی را ایجاد می‌نماید [۲].

همچنین می‌توان با افزایش غلظت دی اکسید کربن و دمای ۱/۱ درجه سانتی‌گراد از رشد باکتری‌های بیماری‌زا در گوشت مرغ جلوگیری کرد[۱].

۳- تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر کنترل شده بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گوشت مرغ

بر اساس بررسی‌های انجام شده نشان داده شده است که کم‌ترین تغییرات شیمیایی در شرایط نگهداری در دمای ۳-۱۰ درجه سانتی‌گراد مربوط به بسته‌بندی‌های دارای اتمسفر ۱۰۰٪ دی اکسید کربن بوده است[٦]. همچنین به طور کلی در شرایط نگهداری در اتمسفر با اکسیژن کم اکسیداسیون کم تر رخ داده و در شرایط غنی از اکسیژن رنگ دانه‌های مربوطه بیشتر ظاهر می‌شوند. بر اساس بررسی‌های انجام شده اکسیژن بالای ۲۱٪ می‌تواند اکسیداسیون چربی‌ها را تسریع نماید[۵]. به طور کلی تغییرات رنگی گوشت مرغ بر اثر اکسیداسیون و احیا به این صورت است که احیای اکسی میوگلوبین (عامل رنگ قرمز روشن) باعث تولید میوگلوبین با رنگ قرمز مایل به بنفش می‌شود و اکسید شدن این ترکیب مت میوگلوبین قهوه‌ای رنگ را ایجاد می‌کند.

۴- جمع‌بندی روش‌های استفاده شده و روش ارزیابی میزان کارایی

در همه روش‌های مورد استفاده شرایط بهینه‌ای برای افزایش زمان ماندگاری به دست آمده است و بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته امکان افزایش زمان ماندگاری را برای انواع فراورده‌های خام گوشت مرغ ارایه نموده است این روش‌ها به همراه روش‌های ارزیابی کارایی در (جدول ۲) نشان داده است.

1- *Br.Thermosfacta*

جدول ۲- روش‌های MAP مورد استفاده و شاخص‌های شیمیایی ارزیابی کارایی روش [۲]

نوع فراورده	شرایط نگهداری و تیمارهای مورد استفاده	نوع آنالیز	شاخص‌های مدّت زمان نگهداری	نتیجه
فیله سینه مرغ	۱۰-۳ درجه سانتی‌گراد. ترکیب گازی: ۱۰۰٪دی اکسید کربن یا ۱۰۰٪ نیتروژن یا ۲۰٪ دی اکسید کربن و ۸۰٪ اکسیژن	گلوکز با منشأ میکروبی، استیک اسید و آمونیاک	گلوکز، استیک اسید و آمونیاک	میزان گلوکز و لاکتات اولیه در سینه بیشتر از ران بوده است و هر دو در همه شرایط نگهداری کاهش نشان دادند. در MAP اول و سوم لاکتیک اسید بیشتر از ترکیب گازی سوم بود و کاهش آن در ترکیب گازی سوم از همه بیشتر بود.
فیله تازه ماکیان	۳ یا ۱۰ درجه سانتی‌گراد در شرایط MAP ۱۰۰٪ دی اکسید کربن یا بسته‌بندی تحت خلأ	آنزیمی- میکروبی(گلوکز و لاکتات)، HPLC(پروتئین های محلول در آب)	گلوکز، لاکتات و پروتئین‌های محلول در آب	گلوکز و لاکتات در همه نمونه‌ها به شدّت کاهش نشان داد و در همه موارد این کاهش با استفاده از MAP کند شد. پروفایل پروتئین‌های محلول نیز با شرایط نگهداری در هوا تفاوت داشت.
ران خام مرغ	حدود دما: ۷-۱ درجه سانتی‌گراد شرایط MAP (اکسیژن ۱و۲ یا ۴٪ دی اکسید کربن ۲۰، ۵۰ یا ۸۰٪ و نیتروژن به اندازه باقی‌مانده در هر ترکیب)	GC-MS	اتانول، استون، پنتان، دی متیل سولفید، کربن دی سولفید و دی متیل دی سولفید	اتانول و دی متیل سولفید بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند و به شدّت تحت تأثیر دما و زمان نگهداری بودند. شاخص‌های دیگر بیشتر تحت تأثیر درصد گاز مورد استفاده تغییر کردند
سینه و ران مرغ	۴ درجه سانتی‌گراد	محتوای رطوبت، گاز سولفوریک، HPLC و LC	نسبت اسپرمیدین به اسپرمین به عنوان شاخص کیفیت استفاده شد	اسپرمیدین و اسپرمین در طول دوره نگهداری کاهش نشان دادند و میزان آمین‌ها پس از ۱۵ روز در گوشت سینه بیشتر از ران مشاهده شد.
گوشت چرخ شده سینه مرغ	دمای اتاق-هوا	FT-IR	بررسی ناحیه اثر انگشت متابولیت‌های میکروبی	محاسبه میزان بار میکروبی بر اساس نتایج به دست آمده از طیف فروسرخ

ادامه جدول ۲- روش‌های MAP مورد استفاده و شاخص‌های شیمیایی ارزیابی کارایی [۲]

نوع فراورده	شرایط نگهداری و تیمارهای مورد استفاده	نوع آنالیز	شاخص‌های مدّت زمان نگهداری	نتیجه
سینه مرغ تازه	۴ درجه سانتی‌گراد با ترکیب هوا یا MAP (۳۰٪ دی اکسید کربن، ۷۰٪ نیتروژن)	HPLC	ثابت شد که می توان از آمین‌های زیستی به منظور شاخصی از کارایی MAP بهره برد. (۹۶-۱۰۱ mg/kg)	هستامین پس از ۱۱ روز در گوشت نگهداری شده در شرایط MAP مشاهده شد.

۵- پلیمرهای قابل استفاده در بسته‌بندی MAP گوشت مرغ

جدول ۳- پلیمرهای مورد استفاده در بسته‌بندیMAP گوشت مرغ به همراه برخی از ویژگی‌های مهم آن‌ها [۱۱]

نوع فیلم	سازگاری با غذا		مسایل مربوط به بازاریابی		مسایل زیست محیطی		هزینه
	مزایا	معایب	مزایا	معایب	مزایا	معایب	
LDPE	ماده‌ای ترم و انعطاف‌پذیر و قوی. ممانعت از رطوبت مناسب. دوخت‌پذیری ساده، نسبتاً شفاف، مقاوم در برابر مود شیمیایی	-	سبک	شفافیت کامل نیست	قابل بازیافت	در حالت فیلم تشخیص و جداسازی به منظور بازیافت دشوار است	ارزان
LLDPE	نفوذ پذیری بیشتر دی اکسید کربن نسبت به اکسیژن دارای قابلیت کواکستروژن، مقاومت بالا در برابر شرایط محیطی	مقاومت حرارتی کم	سبک	شفافیت کامل نیست	قابل بازیافت	در حالت فیلم تشخیص و جداسازی به منظور بازیافت دشوار است	ارزان
HDPE	نقطه نرم شدن بالاتر از LDPE مقاومت در برابر رطوبت و مواد شیمیایی و نفوذپذیر نسبت به گازها. بهترین کارایی در دمای پایین	شفافیت ضعیف	سبک	شفافیت کم	قابل بازیافت	در حالت فیلم تشخیص و جداسازی به منظور بازیافت دشوار است	ارزان

ادامه جدول ۲- پلیمرهای مورد استفاده در بسته‌بندیMAP گوشت مرغ به همراه برخی از ویژگی‌های مهم آن‌ها [۱۱]

نوع فیلم	سازگاری با غذا		مسایل مربوط به بازاریابی		مسایل زیست محیطی		هزینه
	مزایا	معایب	مزایا	معایب	مزایا	معایب	
PP(BOPP)	قوی‌تر، متراکم تر و شفاف تر از پلی‌اتیلن. ممانعت‌کنندگی مناسب در برابر نفوذ بخار آب قابلیت دوخت حرارتی مناسب، مقاومت در برابر چربی‌ها	–	سبک، شفاف و مقاوم	–	قابل بازیافت	در حالت فیلم تشخیص و جداسازی به منظور بازیافت دشوار است	ارزان
PET/PEN	شفافیت عالی، ویژگی عالی مکانیکی و ممانعت‌کنندگی بسیار خوب به ویژه در زمینه حفظ بو و مزه. مقاوم در برابر حرارت و مواد شیمیایی و حلال‌ها و اسیدها	–	سبک و شفاف	–	قابل بازیافت	در حالت فیلم تشخیص و جداسازی به منظور بازیافت دشوار است	کم هزینه ولی گران‌تر از دیگر پلاستیک‌ها
PVC	استحکام بالا و شفاف، ممانعت از ورود گاز بالامقاوم در برابر مواد شیمیایی	–	بسیار شفاف	–	قابل بازیافت	دارای کلر بوده و باید جداسازی شود	نسبتاً ارزان
PVDC	مقاومت در برابر عبور گازها و بخار آب، قابلیت دوخت حرارتی، قابلیت تحمل حرارت	ممانعت شدید در برابر گاز	حفظ کیفیت فراورده	–	قابل بازیافت	دارای کلر بوده و باید جداسازی شود	کم هزینه ولی گران‌تر از دیگر پلاستیک‌ها
PS	مقاومت کششی بالا و شفافیت عالی کاربرد ویژه در شرایطی که فراورده نیاز به تنفس دارد	ممانعت ضعیف در برابر گازها و بخار آب	شفافیت خوب	–	قابل بازیافت	باید از دیگر ضایعات تفکیک شود	نسبتاً ارزان
PA	مقاومت معقول در برابر اکسیژن ممانعت عالی در برابر بو ویژگی مکانیکی و حرارتی مناسب و مشابه PET	ممانعت ضعیف در برابر بخار آب	–	–	قابل بازیافت	باید از دیگر ضایعات تفکیک شود	نسبتاً گران ولی در حالت فیلم نازک به صرفه است

۶- نتیجه گیری

در همه موارد استفاده از بسته‌بندی MAP در شرایط صحیح مدّت زمان ماندگاری گوشت مرغ را افزایش داده است و با توجّه به این موضوع که شرایط بهینه نگهداری بخش‌های مختلف گوشت مرغ در منابع ذکر شده است می‌توان از این اطّلاعات جهت افزایش زمان ماندگاری گوشت مرغ تولیدی در ایران استفاده کرد که این موضوع

در کنار افزایش برد صادرات امکان کاهش ضایعات را نیز فراهم کرده و هزینه‌های مازاد مربوط به انجماد محصولات گوشتی را نیز حذف می‌نماید.

۷- منابع

۱. اثنی عشری، م. صداقت، ن. (۱۳۹۱). **«استفاده از روش‌های نوین در بسته‌بندی مرغ».** فصلنامه علمی ترویجی علوم و فنون بسته‌بندی، شماره ۱۱.۷۳-۷۲

2. Argyri, A A and E Z Panagou., (2012). **"Advances in vacuum and modified atmosphere packaging of poultry products."** Kerry, J P. Advances in Meat, Poultry and Seafood Packaging. Woodhead Publishing. 205-247. FAO. 2017. <www.fao.org>.
3. Hotchkiss, J H., (1989). **"Modified Atmosphere packaging of poultryand related products."** Controlled/Modified atmosphere/Vacuum packaging of food. Food and Nutrition press, 1989. 39-58.
4. Jackson, T C., (1992**). "identification and evaluation of the volatile compounds of vacuum amd modified atmosphere packaged beef strip loins."** Meat science (1992): 175-190.
5. Kakouri, A and G J Nychas., (1994). **"Storage of poultry meat under modified atmosphere or vacuum packs: Possible role of microbial metabolites as indicator of spoilage."** Journal of Applied bacteriology (1994): 72-163.
6. Mano, S B., (2000). **"Growth/Survival of natural flora and aeromonas hydrophyla on refrigrated uncooked pork and turkey packaged in modified atmosphere."** Food microbiology (2000): 69-657.
7. Nychas, G E and C C Tassou., (1997). **"Spoilage process and proteolysis in chicken as noted by HPLC method."** Journal of the science of food and agriculture (1997): 199-208.
8. O'Sullivan, M G., (2016). **"The Stability and Shelf Life of Food,"** Second Edition). Woodhead Publishing.
9. Phillips, C A., (1996). **"Review:Modified atmosphere and its effects on the microbiological quality and safety of produce."** International Journal of food science and Technology (1996): 79-463.
10. Tajeddin, Behjat and B Ahmadi., (2018). **"Polymers for Modified Atmosphere Packaging Application."** food Packaging and preservation. Academic Press, 2018.
11. Totosaus, A., (2007). **"Packaging of fresh and frozen poultry."** Handbook of meat poultry and seafood products. Oxford Blackwell.
12. Zeitoun, A A., (1994). **"Significance of Entrobacteraccae as index organism for hygine on fresh untreated poultry,poultry treated with lactic acid and poultry stored in a modified atmosphere."** Food Microbiology (1994): 76-169.

آدرس نویسنده

خراسان رضوی، مشهد، میدان آزادی،
پردیس دانشگاه فردوسی مشهد