جلوگیری رشد قارچ روی نان گندم و چاودار با بسته‌بندی فعال و اتمسفر اصلاح شده

مریم محمدی
تحصیلات: دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی
پست الکترونیکی:m.mohammadi.2008@gmail.com
تاریخ دریافت مقاله: مهر ماه۱۳۸۹
تاریخ پذیرش مقاله: آبان ماه ۱۳۸۹

چکیده:

فنّاوری بسته‌بندی فعال، فرصت‌های جدیدی را در زمینه نگهداری مواد غذایی برای صنایع مختلف به ارمغان آورده است. از روش‌های مهم بسته‌بندی فعال که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توان به روش های استفاده از جاذب‌های اکسیژن، جاذب‌ها و منتشرکننده‌های دی اکسید کربن، جاذب و کنترل‌کننده‌های رطوبت، جاذب‌های اتیلن و منتشرکننده‌های اتانول اشاره کرد.

استفاده از منتشرکننده و جاذب طعم، نشانگرهای دما- زمان و فیلم‌های حاوی مواد ضدمیکروبی نیز از انواع دیگر این روش‌ها هستند.

سطوح مختلف دی اکسید کربن(۰٪، ۵۰٪، ۷۵٪، ۱۰۰٪) در تعادل با نیتروژن و سطوح متفاوت اکسیژن (۱٪، ۰/۰۳٪، و کمتر از ۰/۰۱٪) در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده نان گندم و نان چاودار آغشته به کپک در مدّت انبارداری ۳۵-۳۰ روز تأثیر بسزایی در جلوگیری از رشد قارچ دارد. برای بازداشتن رشد کپک بر روی نان گندم ۳-۲ میکرولیتر و برای نان چاودار ۲ میکرولیتر روغن خردل لازم است. بهترین حالت به منظور بازداشتن رشد کپک بر روی نان‌های مذکور، ترکیب بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و روغن خردل می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:

بسته‌بندی فعال، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، سدیم پروپیونات، کپک، ماندگاری، چاودار، روغن خردل و آلیل ایزو تیوسیانات.

۱- مقدمه:

استفاده مناسب از بسته‌بندی مواد غذایی معمولاً کانون توجّهات بوده است. زیرا کاهش ضایعات غذایی، تهیه و تولید مواد غذایی سالم، امری مهم تلقی می‌شود. در دهه گذشته، مصرف‌کنندگان تمایل زیادی به کیفیت، حالت تازگی و تولید آسان غذا داشته‌اند.

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده با پیشرفت فیلم‌ها و تجهیزات صنعت بسته‌بندی نان توسعه یافته است. از آنجایی که محصولات نانوایی در مدّت ۲ تا ۳ روز دچار فساد کپکی می‌شوند، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده این محصولات قابل توجّه می‌باشد.

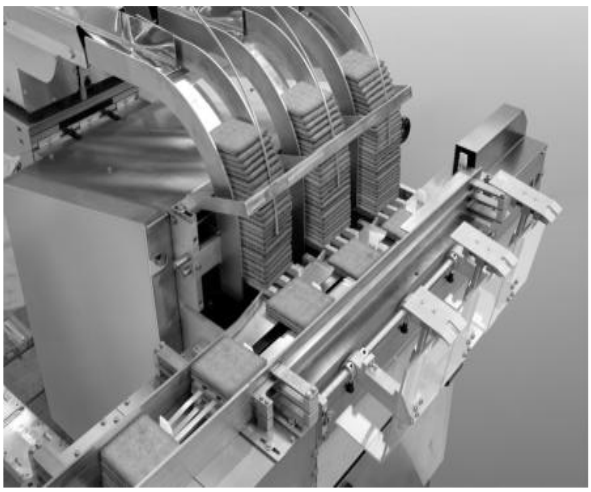
در سال ۱۹۹۳ اسمیت(۱) می‌گوید: ترکیب بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده متداول، غیر تخصصی برای انواع محصولات نانوایی شامل ۶۰٪ دی اکسید کربن و ۴۰٪ نیتروژن می‌باشد که این ترکیب می‌تواند مقادیر ۱۰۰-۰٪ دی اکسید کربن را در تعادل با نیتروژن در بر گیرد. در سال ۱۹۹۱ فربر(۲) و در سال ۱۹۹۷ سِگوری(۳) معتقد بودند که دی اکسید کربن، اثر آنتی میکروبی(۴) دارد و جذب بیش از اندازه آن موجب جمع شدن بسته می‌گردد.

نیتروژن یک گاز بی‌اثر با حلالیت پایین است که به عنوان جایگزین اکسیژن به منظور جلوگیری از جمع شدن بسته استفاده می‌شود. در سال ۱۹۹۴ چارچ(۵) در اکثر مطالعات بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده توجّه کمی به مقدار اکسیژن شده است و بیش‌تر بر تعادل دی اکسید کربن و نیتروژن متمرکز بوده‌اند. [ال هالوت(۶) در سال ۱۹۵۰، درول هی – آلمن(۷) در سال ۲۰۰۰ و رودریجوز(۸) و دیگران] در حالی که اکسیژن نقش بسزایی در رشد کپک دارد.

بر اساس تحقیقات انجام شده، ترکیب بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده با سایر نگهدارنده‌ها مثل نایسین(۹)، اتانول(۱۰) و اسیدهای ضعیف منجر به کاهش دُز(۱۱) آن‌ها می‌گردد.

استفاده تجاری از جاذب‌های اکسیژن به دلیل افزایش هزینه‌ها و ایجاد شرایط مناسب برای رشد پاتوژن‌های بی‌هوازی، نامطلوب می‌باشد.

بسته‌بندی های فعال، عملکرد بسته‌بندی غذا یا گازهای اتمسفری داخل را مورد ارزیابی قرار می‌دهند و نیاز مصرف‌کننده برای کیفیت بهتر، تازگی و تولید سالم را اجابت می‌کنند. با استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، ترکیب بسته‌بندی فعال و روغن خردل، زمان ماندگاری نان گندم و چاودار به ۳۰ روز افزایش می‌یابد. (شکل ۱)



شکل ۱- دستگاه بسته بندی نان تحت شرایط MAP

۲- نتایج آزمون‌های بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده:

بر اساس تحقیقات کارین(۱۲) و همکارانش(۲۰۰۵) بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده، اثر بازدارندگی بر رشد کپک و بر روی هشت نمونه‌ی نان گندم و نان چاودار دارد ولی قادر به جلوگیری از رشد مخمر اندومایسز فیبولیجر(۱۳) نمی‌باشد. البته استفاده از جاذب اکسیژن در این بسته‌بندی‌ها شروع رشد مخمر مذکور را به تأخیر می‌اندازد.

شروع رشد همه‌ی کپک‌ها بجز پنی‌سیلیوم کمون روی هر دو نوع نان فقط در اتمسفر هوا در روز دوم رخ می‌دهد.

اثر بازدارندگی دی اکسید کربن در رابطه با نان گندم کاملاً مشخص می‌باشد و کاهش تحمل سطح پایین اکسیژن با افزایش دی اکسید کربن مخصوصاً برای پنی سیلیوم پولونیکوم(۱۴)، پنی سیلیوم سولیتوم(۱۵) و پنی‌سیلیوم کمون نیز کاملاً مشخص است. متداول‌ترین کپک در سطوح بالای دی اکسید کربن، پنی سیلیوم کمون می‌باشد به گونه‌ای که قادر به رشد در ۹۹٪ دی اکسید کربن و ۱٪ اکسیژن است و آسپرژیلوس فلاووس(۱۶) نیز در شرایط اکسیژن کم و دی اکسید کربن بالا نسبت به سایر گونه‌های کپکی رشد بیش تری دارد به طوری که در ۰/۰۳٪ اکسیژن و ۷۵٪ دی اکسید کربن تنها کپک قادر به رشد می‌باشد(کارین و دیگران در سال ۲۰۰۵). بر اساس تحقیقات میلر و گولدینگ(۱۷) (در سال ۱۹۹۹) آسپرژیلوس فلاووس نسبت به سایر کپک‌های دیگر بر روی رشد روی آگار مالت به اکسیژن کمتری نیازمند است.

فاز تأخیر رشد آسپرژیلوس فلاووس در شرایط ۰٪ ۰/۰۳٪ اکسیژن در ۷۵٪ دی اکسید کربن در مقایسه با ۵۰٪ دی اکسید کربن کاهش قابل ملاحظه ای دارد(کارین و دیگران در سال ۲۰۰۵).

عامل اصلی فساد نان چاودار، پنی سیلیوم روکوفورتی(۱۸) قادر به رشد در تمام حالت‌های آزمون شده بجز در حالت استفاده از جاذب اکسیژن می‌باشد، زیرا این کپک مقاومت فوق‌العاده‌ای به دی اکسید کربن بالا و اکسیژن پایین داشته و حتّی رشد آن بر روی سوبستراهای غیر از نان در شرایط مذکور برانگیخته می‌شود. یوروتیوم رپنز قادر به رشد در هیچ کدام از بسته‌بندی های با اتمسفر اصلاح شده آزمون شده نمی‌باشد. شرایط اکسیژن پایین(۰٪ / ۰/۰۳٪)، وجود نیتروژن و تمام سطوح دی اکسید کربن که مورد آزمون قرار گرفته‌اند؛ اثر بازدارندگی بر روی رشد پنی سیلیوم کمون(۱۹) ندارد. بر خلاف نتایج کارین و همکارانش(۲۰۰۵) که تفاوت قابل توجّهی را بین رشد گونه‌های گوناگون کپک نشان می‌دهد، اسمیت و همکارانش(۲۰) (۱۹۸۶) هیچ تفاوتی بین رشد آسپرژیلوس نیجر(۲۱) و اسپورهای پنی سیلیوم در بسته‌های با اتمسفر اصلاح شده با حالت‌های ۶۰٪ دی اکسید کربن، ۴۰٪ نیتروژن و دامنه وسیعی از سطوح اکسیژن (۰/۱، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۲و ۱۰ درصد) مشاهده نکرده‌اند.

بر اساس پژوهش دیگری بر روی نان گندم سالم(آغشته به کپک نبوده است) در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در شرایط ۵۰-۲۰٪ دی اکسید کربن و ۱۰۰-۵۰٪ نیتروژن گونه‌های مختلف آسپرژیلوس حساسیت بیش تری به دی اکسید کربن نسبت به گونه‌های پنی‌سیلیوم نشان داده‌اند.(رودریجوز و دیگران در سال ۲۰۰۰). متأسفانه این محققان در تعیین میزان تلقیح گونه‌های کپکی دچار اشتباه شده‌اند، زیرا برای رسیدن به نتیجه باید مقدار بیش تری را از کپک تلقیح می‌نمودند.

بر اساس تحقیقات A، آسپرژیلوس فلاووس مقاومت کمتری نسبت به دی اکسید کربن در مقایسه به پنی سیلیوم کمون داشته ولی مقاومت بیش تری از پنی‌سیلیوم سولیتوم(۲۲) و پنی‌سیلیوم پولینیکوم(۲۳) از خود نشان می‌دهد. آسپرژیلوس فلاووس در روزهای ۱۳ الی ۱۵ بر روی بادام زمینی بسته‌بندی شده تحت شرایط ۶۵٪ دی اکسید کربن و ۳۵٪ نیتروژن قادر به رشد است(ال لیس و دیگران در سال ۱۹۹۴)(۲۴).

کارین و همکارانش(در سال ۲۰۰۵) نیز در پژوهش خود به همین نتیجه رسیدند. نان چاودار سوبسترای بهتری برای اندومایسز فیبولیجر می‌باشد که در روز دوم تحت شرایط ۱٪ اکسیژن و اتمسفر هوا رشد می‌کند در حالی که

این مخمر فقط در شرایط اتمسفر هوا بر روی نان گندم قادر به رشد است. پنی سیلیوم کمون در مورد نان چاودار در مقایسه با نان گندم رشد کمتری دارد که احتمالاً به دلیل PH پایین (۴/۵-۴/۲) و مقدار بالای آب(حدود ۱۰ درصد) نان چاودار می‌باشد. قدرت بازدارندگی دی اکسید کربن بر روی کپک‌ها بجز پنی‌سیلیوم راکفورتی(۲۵)، در رابطه با نان چاودار نسبت به نان گندم بیشتر است.

طبیعت متفاوت انواع نان موجب ایجاد مشکل در مقدار رشد کپک می‌شود. نان گندم نسبت به نان چاودار ساختار با خلل و فرج و تردتری دارد. در برخی حالت‌ها در اثر فعالیت میکروبی ساختار نان خرد می‌شود که اندومایسز فیبولیجر در اتمسفر هوا در نان گندم این حفرات را ایجاد می‌نماید.

جاذب‌های اکسیژن موجب جلوگیری از رشد کپک در کل دوره‌ی ۳۵ روزه با جذب همه‌ی اکسیژن موجود در بسته می‌شوند. هرچند جلوگیری از فساد قارچی نیاز به عملیات بیش تری دارد که این امر با استفاده از بسته‌بندی فعال میسّر می‌گردد.

۳- نتایج آزمون‌های بسته‌بندی فعال:

در اتمسفر اصلاح شده، روغن خردل در دُزهای بیش تر از یک میکرولیتر اثر بازدارندگی بر رشد کپک در نان گندم دارد. در اتمسفر هوا آسپرژیلوس فلاووس مقاوم‌ترین کپک به روغن خردل می‌باشد.

در مورد نان چاودار در تمام ترکیبات گازی آزمون شده در صورت استفاده از سه میکرولیتر روغن خردل هیچ قارچی قادر به رشد نمی‌باشد، در حالی که در بسته‌های با اتمسفر اصلاح شده این نان، رشد ضعیف کپک مشاهده می‌شد و در حالت استفاده از ۱۰۰٪ دی اکسید کربن رشد به تأخیر می‌افتاد.

گونه‌های پنی‌سیلیوم به روغن خردل، حساسیت بالایی دارند. کارین و همکارانش(در سال ۲۰۰۵) به منظور جلوگیری از بر هم کنش گونه‌ها بر هم، در آزمون‌های بسته‌بندی فعال خود، عمل تلقیح قارچ‌ها را به طور مجزا انجام دادند.

در حالت استفاده از روغن خردل و دی اکسید کربن بالا رشد اندومایسز فیبولیجر به تأخیر می‌افتد. بسته دارای شرایط اتمسفری ۹۵٪ دی اکسید کربن و ۵٪ اکسیژن و حاوی روغن خردل قادر به جلوگیری از رشد آسپرژیلوس فلاووس می‌باشد. در صورت استفاده از روغن خردل، سطوح پایین دی اکسید کربن در طول دوره‌ی آزمون موجب بازداشتن رشد می‌گردد. افزودن روغن خردل در حالت‌های ۵۰٪ دی اکسید کربن و ۰٪ اکسیژن موجب تحریک رشد می‌شود و همچنین موجب افزایش فاز رشد تأخیر می‌گردد.

در پژوهش‌های دیگر نیز تحریک رشد میکروب به وسیله آنتی میکروب‌ها در غلظت کم مشاهده شده است.(مارین(۲۶) و همکارانش در سال ۲۰۰۲ و سوهر(۲۷) و نیلسون(۲۸) در سال ۲۰۰۴) بر اساس پژوهش کارین و همکارانش (در سال ۲۰۰۵) در سطوح بالای تلقیح، آسپرژیلوس فلاووس در شرایط ۵٪ اکسیژن و ۸۰٪ دی اکسید کربن در حضور روغن خردل، آسان تر بر روی نان گندم در روز هفتم رشد می‌نماید ولی در سطوح 10^5- 10^2 رشدی مشاهده نمی‌شود این نشان دهنده آنست که اثر بازدارندگی در سطوح پایین تلقیح افزایش می‌یابد.

بر طبق نتایج کارین (در سال ۲۰۰۵) و ماری و همکاران (۲۹) (در سال ۲۰۰۲) با افزایش مقدار تلقیح تأثیر بازدارندگی بخار آلیل ایزوتیوسیانات بر پنی سیلیوم اکسپانسوم(۳۰) آغشته به گلابی کاهش می‌یابد.

دو میکرولیتر روغن خردل برای بازداشتن رشد پنی‌سیلیوم روکوفورتی و اندومایسز فیبولیجر بر روی نان چاودار کافی است. هر چند برای بازداشتن رشد یوروپیوم رپنز استفاده از بسته‌های با اتمسفر اصلاح شده، ضروری است، زیرا کپک مذکور به سه میکرولیتر روغن خردل در اتمسفر هوا مقاوم است ولی در صورت استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و یک میکرولیتر روغن خردل رشد آن متوقف می‌شود.

مقاومت آندرمیس رپنز(۳۱) به روغن خردل در حالت تلقیح، مخلوطی از اسپورها نسبت به تلقیح جداگانه کاهش

می‌یابد. دلیل این امر، می‌تواند بر هم کنش‌های میکروبی یا کم بودن تعداد اسپورهای آغشته شده باشد.

آسپرژیلوس فلاووس در حضور دو میکرولیتر روغن خردل در اتمسفر هوا قادر به رشد نبوده ولی در شرایط ۸۵٪ دی اکسید کربن و ۱٪ اکسیژن هیچ مقاومتی به روغن خردل نشان نمی‌دهد. بنابراین نان گندم نسبت به نان چاودار سوبسترای بهتری برای رشد کپک می‌باشد.

فساد کپکی رایج در نان چاودار، پنی سیلیوم کوریلوفیلوم(۳۲) در تمام مقادیر روغن خردل و شرایط بسته‌های با اتمسفر اصلاح شده، قادر به رشد نمی‌باشد. اتانول استفاده شده برای رقت روغن خردل، تأثیری بر رشد نداشته به استثنای افزایش اندک فاز تأخیر رشد آسپرژیلوس فلاووس و اندومایسز رپنز. بخار اتانول در دُزهای بالا خاصیت ضد قارچی دارد.

دُز روغن خردل باید مطابق با سطح نان باشد و حجم فضای خالی بالای بسته، اهمّیّت کمتری در این مورد دارد. بنابراین در استفاده از بسته‌بندی فعال به همراه روغن خردل خصوصیات خود محصول نقش مهمی دارد.

به طور کلی بر طبق ارزیابی‌های حسی مقدار یک میکرولیتر روغن خردل در بسته‌های نان مقبول است. بسته‌های با اتمسفر اصلاح شده به ویژه در مورد نان چاودار تأثیر منفی بر طعم خردل نمی‌گذارد. به نظر می‌رسد نان گندم سازگاری بهتری با روغن خردل دارد.

بر اساس تحقیقات سورس و همکارانش(۳۳) سدیم پروپیونات(۳۴) به طور قابل توجّهی موجب کاهش رشد کپک در نان می‌گردد. این محققان تکه‌های نان را در فیلم‌های سلولزی آغشته به ۰، ۲ و۴٪ سدیم پروپیونات قرار داده و در کیسه‌های با جنس پلی‌اتیلن با دانسیته پایین بسته‌بندی کرده و به مدّت ۱۵ روز در دمای ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد بسته‌بندی کردند. کم‌ترین رشد قارچی در حالت استفاده از ۴٪ سدیم پروپیونات بوده که موجب کاهش ۷۰ درصدی رشد کپک می‌شده است.

بر اساس تحقیقات جیونات و همکارانش(۳۵) استفاده از جاذب‌های اکسیژن با ظرفیت جذب مناسب، موجب افزایش قابل توجّه زمان ماندگاری کپک، صرفنظر از مقدار PH و فعالیت آبی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌شود. در صورت استفاده از جاذب‌های اکسیژن در بسته‌بندی هیچ رشد قارچی مشاهده نمی‌گردد.

۴- نتیجه‌گیری:

در ترکیب بسته‌های با اتمسفر اصلاح شده و بخارات روغن خردل، نیاز بحرانی به استفاده از سطوح پایین اکسیژن برای بازداشتن رشد قارچ بر طرف می‌گردد. در نتیجه، یک راهکار ترکیب برای بازداشتن رشد قارچ‌های عامل فساد در مقادیر بالای تلقیح در یک دوره‌ی آزمون ۳۰ روزه به دست آمده است.

برای نان گندم دُز بالاتری از روغن خردل نسبت به نان چاودار مورد نیاز می‌باشد تا از رشد اندومایسز فیبولیجر(بیش تر از ۲ میکرولیتر) جلوگیری کند. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در رابطه با نان چاودار مؤثرتر می‌باشد زیرا گونه‌های کپکی کمتری قادر به رشد در سطوح بالای دی اکسید کربن می‌باشند.

۵- پانوشت:

1. Smith
2. Farber
3. Cagory
4. Anti – microbial
5. Church
6. Elhalouat
7. Drulhe- Aleman
8. Rodriguez
9. Naysn
10. Ethanol
11. Dose
12. karin
13. Endomyces fibuliger
14. Penicillum polonicum
15. Penicillum solitum
16. Asperyillus flavs
17. Miller & golding
18. Penicillum roqueforti
19. Common penicillin
20. Smith & others
21. Aspergillus niger
22. Pencillium solitum

23. Penicillium polynecom
24. Ellis
25. Penicillium rocaforte
26. Marin
27. Suhr
28. Nielsen
29. Mari & others
30. Penicillium expansum
31. Andrmaysz rpnz
32. Penicillum corylophilum
33. Soares & others
34. Sodium propionate
35. Guynot & others

۶- منابع:

۱. تقـی‌زاده، ا. عبـادی، م. علـی آبـادی، م. «مـروری بـر بسته‌بندی فعال در صنایع غـذایی». همـایش ملّـی مهندسـی شیمی. ۱۳۸۸.

2. Karin I, Suhr, Per V, Nielsen. "Inhibition of fungal growth on wheat and rye bread by modified atmosphere packaging and active packaging using volatile mustard essential oil". J Food Sci 70. 2005.

3. Guynot ME, Sanchis V, Ramos AJ, Marin. "Mold-free shelf-life extension of bakery products by active packaging". J Food Sci 68:2547–52, S. 2003.

4. Soares NFF, Rutishauser DM, Melo N, Cruz RS, Andrare NJ. "Inhibition of microbial growth in bread through active packaging", J Package". Technol. Sci. 15:129-132. 2002.

5. Floros JD, Dock LL, Han JH.. "Active packaging technologies and applications", Food cosmet. Drug packaging, 20: 10 17. 1997.

آدرس نویسنده:

تهران - میدان صنعت - خیابان پیروزان جنوبی نبش کوچه پنجم - ساختمان اسراء.