تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده بر زمان ماندگاری نان‌های نیم‌پخته

مریم محمدی [1*]، مهران اعلمی [2]

تاریخ دریافت مقاله: اسفند ماه ۱۳۹۰
تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۱

چکیده

در این مقاله به معرفی فنّاوری نان نیم‌پز و بررسی تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده بر زمان ماندگاری به‌لحاظ میکروبی و حسی نان‌های مذکور در قالب چهار بخش آلودگی پس از پیش‌پخت، ترکیب گاز، خصوصیات مواد بسته‌بندی و فنّاوری بسته‌بندی پرداخته شده است. از آنجایی‌که نان سنتی کیفیت پایین و زمان ماندگاری کوتاهی دارد، به‌همین‌دلیل فنّاوری‌های جدیدی به‌منظور تولید نانی با کیفیت بهتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. نان نیم‌پز یکی از مهم‌ترین این فنّاوری‌ها است. صنعت نانوایی به‌طور فزاینده‌ای از فنّاوری نان نیم‌پز بهره می‌برد. علت توجّه روزافزون بازار به نان نیم‌پز سود اقتصادی تولید متمرکز و استاندارد نمودن کیفیت نان است. نان پیش‌پخت به‌دلیل فقدان پوسته و یا داشتن پوسته‌ی خیلی نازک و محتوای رطوبتی بالا، عمر ماندگاری نسبتاً کوتاهی دارد. می‌توان به‌منظور افزایش زمان ماندگاری نان به‌لحاظ میکروبی از نگه‌دارنده‌های شیمیایی مثل اسیدهای سوربیک[3]، بنزوئیک[4] و پروپیونیک[5] استفاده نمود؛ اما از آنجایی‌که مصرف‌کنندگان به‌دنبال روش دیگری به‌منظور حفظ تازگی نان بدون استفاده از نگه‌دارنده‌های شیمیایی هستند؛ بنابراین بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده، بهترین راهکار به‌منظور افزایش زمان ماندگاری نان نیم‌پز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

نان نیم‌پز، بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و زمان ماندگاری.

۱- مقدمه

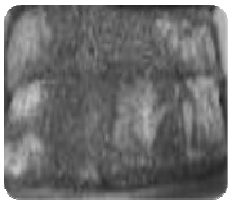
زمان ماندگاری نان تهیه شده به‌روش سنتی در دمای محیط اندک است و با توجّه به نوع نان، کمتر از یک روز تا بیشتر از یک هفته ماندگاری دارد. تغییر اصلی ایجاد شده، سفتی بافت نان می‌باشد. بسته‌بندی بر مدّت ماندگاری نان تأثیرگذار است به‌گونه‌ای‌که مدّت ماندگاری نان سنتی بسته‌بندی شده، کمتر از یک هفته بوده و کپک‌ها در مدّت پنج روز رشد می‌کنند. به‌منظور غلبه بر مشکل مذکور، نان سنتی در تعداد کم در واحدهای نانوایی تولید می‌گردد. در تولید صنعتی که مقدار تولید انبوه می‌باشد، نیاز به زمان ماندگاری طولانی است(۱). با استفاده از بهبوددهنده‌های خمیر شامل پنتوزانازها[6]، امولسی‌فایرهای[7] مختلف(همانند سدیم/ کلسیم استئاروئیل لاکتیلات[8] و مونو/ دی‌گلیسریدها[9])، انواع هیدروکلوئیدها[10] و آنزیم‌ها

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(* نویسنده مسئول: hm.mohammadi.2008@gmail.com)
۲- عضو هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

3- Sorbic and acid
4- Benzoic acid
5- propionic acid
6- Pentosanases
7- Emulsifiers
8- Sodium/calcium stearoyl lactylate
9- Mono/diglycerides
10- Hydrocolloids

می‌توان، زمان ماندگاری نان را تـا چنـد روز افـزایش داد(۸). به‌علاوه همان‌طورکه در بخش اول گفتـه شـد، فنّـاوری‌هـای خمیر منجمد و نان‌های نیم‌پز در این زمینه ابداع شده‌اند.

نان نیم‌پز



نان نیم‌پز فاقد گلوتن

شکل ۱- انواع نان نیم‌پز

۲- نان نیم‌پز

نان نیم‌پز نانی است که در شرایط ملایم، پیش‌پخت شـده و نیاز به پخت ثانویه قبل از مصرف دارد(۱). به‌عبـارت‌دیگـر می‌توان به‌طور جامع، نان نیم‌پخته را فراورده‌ی کاملاً پختـه‌ی بدون پوسته تعریف نمود(۵). نان پیش‌پخـت تحـت شـرایط متنوع انبار شده و قبل از فروش به مشتری یا قبل از مـصرف مجدداً عملیات پخت صـورت مـی‌گیـرد(۸). از مزایـای ایـن فنّاوری زمان کوتاه تولید نان در واحـدهای نـانوایی بـه‌دلیـل عدم نیاز به مراحل اختلاط و تخمیر، دسترسی آسان و سـریع در هر ساعت از شبانه‌روز و عدم نیاز بـه نیـروی متخـصص می‌باشد. نان‌های نیم‌پز بـا ایجـاد تغییـرات انـدکی در فراینـد پخت معمول نان به‌دست می‌آید(٤). زمان پـیش پخـت، ۲/۳ زمان پخت کامل در روش سنتی تولید نـان بـوده و گـاهی اوقـات از دمـای کمتـری نیـز در ایـن مرحلـه اسـتفاده می‌گردد(۸). در طی پخت اولیه، نشاسته ژلاتینه[1] و گلـوتن کواگوله[2] شده ولی واکنش مایلارد[3] به‌طور کامل بـه‌منظـور تشکیل رنگ قهوه‌ای پوسته انجام نمی‌گیرد. همچنین حجم نان نیز در این مرحله افزایش می‌یابد. علت افزایش حجـم در ابتـدای پخـت، انبـساط گازهـای محـصور در سـاختار متخلخل خمیر است(۹). فنّاوری نان نیم‌پز در اواخـر قـرن بیستم توسعه یافته است(۱).

نان نیم‌پـز سـرد شـده یکـی از اولـین پیـشرفت‌هـا در زمینه‌ی فنّاوری نـان‌هـای نـیم‌پـز اسـت. زمـان مانـدگاری آن چند روز تا یـک هفتـه مـی‌باشـد. در سـال‌هـای اخیـر فـراورده‌هـای نـیم‌پـز کـاملاً منجمـد، توسـعه یافتـه و بـه فراوانـی در رسـتوران‌هـا، سـوپرمارکـت‌هـا و واحـدهـای نـانوایی دیـده مـی‌شـوند. از دیگـر پیـشرفت‌هـای اخیـر، ذخیره‌سازی نان‌هـای نـیم‌پـز در دمـای محـیط مـی‌باشـد. در نتیجـه‌ی ایـن پیـشرفت‌هـا، نـان‌هـای نـیم‌پـز بـه‌ویـژه انـواع سـخت(مثـل بـاگتس[4]، سـایابِس[5] و رول‌هـا) سـهم بـسزایی از بـازار اکثـر کـشورهـا را بـه خـود اختـصاص داده و عـلاوه‌بـر ایـن، رشـد سـالانه‌ی زیـادی نیـز دارد. همچنـین عـاملی در رشـد اقتـصادی سـریع واحـدهای نـانوایی مـی‌باشـد(۱). دلیـل ایـن رشـد سـریع و روی‌آوردن بـازار از فنّـاوری خمیـر منجمـد بـه نـان نیم‌پز، بهبود کیفیت نان است(۷).

اولین محـصولات نـیم‌پـز هماننـد بـاگتس فرانـسوی، پتیت پین[6] و سایر غلّات صـبحانه هنـوز بخـش بزرگـی از بازار را بـه‌عهـده دارنـد(۱)، بـه‌گونـه‌ای‌کـه نـصف حجـم صادرات نان منجمد کشور فرانـسه را بـه اروپـای شـمالی شامل می‌گردد(۹). فراورده نیم‌پز دیگری که سهم عمـده‌ای

1- Gelatinize
2- Coagulate
3- Mailard reaction
4- Baguettes
5- Ciabattas
6- Petit pain

از بازار را به خود اختصاص داده است، نان عربی می‌باشد. نان‌های پیتا[1] یا شورما[2] و انواع نان‌های ایتالیایی مانند سایابتا[3] و فُکاسیا[4] از فراورده‌های نیم‌پز شناخته شده می‌باشند(۱).

۳- ذخیره‌سازی در شرایط اتمسفر اصلاح شده

بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح شده (MAP)[5] یا بسته‌بندی گازی یک فنّاوری نگه‌دارنده مواد غذایی بوده که به‌طور مؤثر و ایمنی عمر ذخیره‌سازی فراورده را از طریق کاهش سرعت تنفس، قهوه‌ای شدن آنزیمی و فساد میکروبی افزایش می‌دهد(٦). نان پیش‌پخت شده به‌دلیل فقدان پوسته و یا داشتن پوسته‌ی خیلی نازک و محتوای رطوبتی بالا عمر ماندگاری کوتاهی دارد(۷). می‌توان به‌منظور افزایش زمان ماندگاری نان به‌لحاظ میکروبی از نگه‌دارنده‌های شیمیایی مثل اسیدهای سوربیک، بنزوئیک و پروپیونیک استفاده نمود ولی از آنجایی‌که مصرف‌کنندگان تمایلی به استفاده از نگه‌دارنده‌های شیمیایی ندارند(۳)؛ بنابراین بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده بهترین راهکار به‌منظور نگهداری نان نیم‌پز می‌باشد. به‌طورکلی، این نوع بسته‌بندی در دمای ٤ درجه‌ی‌سانتی‌گراد موجب افزایش زمان ماندگاری نان به‌لحاظ میکروبی تا دو ماه می‌گردد(۱). همچنین بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح شده قادر به تأخیر بیاتی نان به‌دلیل اثر سودمند دی‌اکسیدکربن بر رتروگراداسیون[6] نشاسته می‌باشد(۷). آلودگی پس از پیش‌پخت، ترکیب گاز، خصوصیات مواد بسته‌بندی و فنّاوری بسته‌بندی از مباحث مطرح در این راستا می‌باشند.

٤- آلودگی پس از پیش‌پخت

به‌طور کلی جلوگیری از آلودگی نان در طول مرحله‌ی سرد نمودن، امری ضروری می‌باشد. پس از پخت، نان در معرض فعالیت میکروب‌های محیط قرار دارد. غالباً تنها اسپورهای[7] باکتریایی می‌توانند پس از پخت زنده بمانند. در این رابطه رشد اسپورهای باسیلوس سوبتیلیس[8] (باسیلوس مزنتریکوس[9]) که موجب طنابی شدن نان می‌گردد، کاملاً شناخته شده است(به‌طور غالب فساد باکتریایی نان مربوط به گونه باسیلوس‌ها[10] می‌شود). البته طنابی شدن نان هنگامی رخ می‌دهد که نان در دمای محیط یا در اتمسفر اصلاح شده و در دمای بالاتر از ۳۰ درجه‌ی‌سانتی‌گراد نگه‌داری شود. زمانی‌که نان در محیط اسپتیک[11] سرد شود، مدّت زمان ماندگاری آن در ۲۰درجه‌ی‌سانتی‌گراد بالا خواهد بود. به‌دلیل اینکه فراوده‌های نانوایی در محیط استپیک فراوری نمی‌شوند و همیشه در مرحله‌ی سرد نمودن آلودگی میکروبی را داریم(۱).

دامنه‌ی فعالیت آبی نان از ۹۹ ٪ (محتوای رطوبتی بالا) در نان‌های مسطح تا ۹۰ ٪ (محتوای رطوبتی پایین) در نان‌های غنی از شکر متفاوت است. در محتوای رطوبتی ۲۰ ٪ پوسته، یک رابطه‌ی خطی بین مقدار رطوبت و فعالیت آبی وجود دارد؛ اما در مقادیر بیشتر از ۲۰ ٪ با افزایش زیاد مقدار رطوبت، فعالیت آبی افزایش کمتری خواهد داشت. در این دامنه رشد کپک‌ها، مخمرها و باکتری‌ها از سریع(در فعالیت آبی ۹۹٪) تا کند(در فعالیت آبی ۹۰٪) متفاوت است. بنابراین با توجّه به نوع نان، زمان ماندگاری آن فرق می‌کند. نان‌های با فعالیت آبی ۹۹٪ تا

1- Pita
2- Shoarma
3- Ciabatta
4- Focaccia
5- Modified atmosphere packaging
6- Retrogradation

7- Spores
8- Bacillus subtilis
9- B.mesentericus
10- Bacillus
11- Aseptic

حدود پنج روز و نان‌های با فعالیت آبی ۹۰٪ تا چند هفته به‌لحاظ میکروبی ماندگاری دارند(۱).

۵- تشریح ترکیب گاز در روش اتمسفر اصلاح شده

دی‌اکسیدکربن از رشد مخمر و باکتری‌ها جلوگیری نموده و اثری کشنده بر کپک‌ها دارد. در فراورده‌های ذخیره‌سازی شده تحت گاز Co_2 باکتری‌ها و مخمرها به‌کندی رشد نموده، در حالی که کپک‌ها هیچ رشدی ندارند. Co_2 گاز اصلی استفاده شده در بسته‌بندی نان می‌باشد(۱). همچنین دلیل عمده‌ی نقش بسته‌های با اتمسفر اصلاح شده در افزایش زمان ذخیره‌سازی به‌لحاظ میکروبی، گاز دی‌اکسید کربن است(۱۰). نیتروژن نیز به‌عنوان گاز حامی به‌منظور کاهش نشر گاز از بسته استفاده می‌شود و با کاهش مقدار اکسیژن در بسته‌بندی تا حد کمتر از ۱٪، مخمرها و باکتری‌ها رشد کمتری داشته و کپک‌ها نیز اصلاً قادر به رشد نخواهند بود(۱).

با توجّه به پژوهش‌های انجام شده، نان‌های نیم‌پز تحت اتمسفر اصلاح شده در دمای ۲۰ درجه‌ی‌سانتی‌گراد پس از گذشت دو هفته و در دمای ۳۷ درجه‌ی‌سانتی‌گراد پس از دو روز، متورم می‌گردند؛ اما در دمای ٤ درجه‌ی سانتی‌گراد تورمی مشاهده نمی‌گردد. باسیلوس سوبتیلیس، باسیلوس لچی‌فورمیس[1] و باسیلوس پومیلوس[2] از بسته‌های متورم ایزوله شده‌اند. از این بسته‌ها بویی شبیه توت فرنگی استشمام می‌شده است. از این میان باسیلوس لچی‌فورمیس بیشترین جمعیت را داشته است. این امر نشان دهنده‌ی سازگاری بیش‌تر این باکتری با محیط تحت اتمسفر اصلاح شده می‌باشد(۲).

بسته‌های حاوی ٤۰٪ دی‌اکسیدکربن و ٦۰٪ نیتروژن در دمای ٤ درجه‌ی‌سانتی‌گراد به‌مدّت ۱۳ هفته از رشد باکتری‌های مولد فساد جلوگیری می‌کنند. پس از گذشت ۱۳ هفته غلظت CO_2 در این بسته‌ها به ۲۵٪ می‌رسد(۲،۷). همچنین نان‌های نیم‌پز ورآمده با جوش‌شیرین در بسته‌های حاوی ۲۵٪ دی‌اکسیدکربن و ۷۵٪ نیتروژن در دمای ٤ درجه‌ی سانتی‌گراد تا بیش از ۱۳هفته و در بسته‌های حاوی $CO_2:N_2/3:2$ در دمای ۳۰-۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدّت ۱٤ روز از فساد باکتریایی در امان می‌باشند. بعد از گذشت ۱٤ روز بسته‌های مذکور به‌دلیل رشد باکتری‌های باسیلوس لچی‌فورمیس و لونستوک مزنترئیدوس[3] متورم می‌شوند. تعداد باسیلوس لچی فورمیس بیشتر از دیگری بوده که این امر نشان‌دهنده‌ی سازگاری این باکتری با شرایط غلظت بسیار پایین اکسیژن و محیط MAP می‌باشد. به‌دلیل اینکه باسیلوس‌هایی مثل لچی‌فورمیس و سوبتیلیس قادر به رشد در شرایط بی‌هوازی هستند، بنابراین بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به‌تنهایی قادر به جلوگیری از رشد باکتری‌های مذکور نبوده و نیاز به دمای پایین‌تری از دمای محیط می‌باشد(۲).

بسته‌بندی حاوی $Co_2: N_2/$ ۳:۲ و جاذب اکسیژن در دمای ۲۵ درجه‌ی‌سانتی‌گراد موجب جلوگیری از رشد کپک بر روی رول‌های نیم‌پز سخت به‌مدّت ٦۰ روز می‌گردد. غلظت ۲۵٪ یا بیشتر دی‌اکسیدکربن به‌طور مؤثری از رشد کپک‌ها جلوگیری می‌نماید(۲).

به‌طور کلی بسته‌های با شرایط ۱۰۰-۸۰ ٪ دی‌اکسید کربن و ۲۰-۰٪ نیتروژن در دمای محیط، قادر به حفاظت نان‌های نیم‌پز به‌مدّت ۲۰ روز در برابر میکروارگانیسم‌های هوازی می‌باشند(۳). همچنین اتمسفر اصلاح شده‌ی حاوی ٤۰٪ دی‌اکسید کربن و ٦۰٪ نیتروژن یا کیسه‌های پلی‌اتیلن-پلی‌آمید-پلی‌اتیلن/ وینیل‌الکل حاوی ۷۰٪ دی‌اکسیدکربن به‌طور قابل ملاحظه‌ای زمان ماندگاری نان نیم‌پز را افزایش می‌دهند(۷).

1- B.lechiformis
2- B. pumilus
3- Leuconostoc mesenteroides

پیچیا آنومالا[1]، هیفوپیچیا بورتنی[2]، ساکارومایکوپسیس فیبولیجرا[3] مخمرهایی هستند که قادر به فساد کپکی گچی نان‌های نیم‌پز بسته‌بندی شده در شرایط اتمسفر اصلاح شده می‌باشند. کلنی[4]های سفید رنگ این مخمرها به‌گونه‌ای سطح نان را می‌پوشانند که گاهی اوقات به‌نظر می‌رسد بر روی سطح نان پودر گچ پاشیده شده است. از آنجایی که دو مخمر H.بورتنی و S. فیبولیجرا همانند کپک‌ها قادر به تشکیل میسیلیوم[5] بوده و همچنین کلنی‌های سفید رنگی بر روی سطح نان تشکیل می‌دهند؛ بنابراین به آنها کپک‌های گچی گفته می‌شود. ساختارهای شبیه میسیلیوم کپک که توسط این مخمرها تولید می‌شود، میسیلیوم کاذب نام گرفته و در واقع زنجیره‌ای از جوانه‌ها بوده که پس از تکثیر از سلول مادر جدا نشده است(۳).

در بحث آلودگی فراورده‌های نانوایی به این دسته از مخمرها توجّه کم‌تری شده است، در حالی که کپک‌های گچی باعث فساد اولیه‌ی این فراورده‌ها می‌شوند. به‌طورکلی مخمرهای مولد فساد، سلامتی انسان را به‌خطر نمی‌اندازند. اگرچه گزارش‌هایی از ابتلا به بیماری‌های روده‌ای در اثر مصرف غذاهای حاوی مخمر دیده شده است. بیش‌ترین میزان آلودگی نان‌های نیم‌پز به فساد کپکی گچی در فصل تابستان است. در بین کپک‌های گچی، P.آنومالا بیشترین سهم را در آلودگی نان‌های نیم‌پز دارد. سهم H.بورتنی و S.فیبولیجرا در فساد مذکور وابسته به منطقه بوده به‌طوری‌که در نان‌های بریتانیایی مخمر H.بورتنی غالب است. مخمر P.آنومالا قادر به رشد بر روی هر نوع نان بوده ولی S.فیبولیجرا فقط بر روی باگتس فرانسوی دیده می‌شود. از این‌رو فرایند تولید در تعیین نوع آلودگی مؤثر است. همچنین دلیل دیگر آن می‌تواند بازدارندگی رشد P.آنومالا بر روی سایر مخمرها باشد. P.آنومالا ملقب به کشنده‌ی مخمر است. مکانیسم فعالیت ضدقارچی آن هنوز به‌طور کامل مشخص نیست ولی می‌تواند به‌دلیل ترشح آنزیم‌های تجزیه‌کننده‌ی دیواره‌ی سلولی باشد(۳).

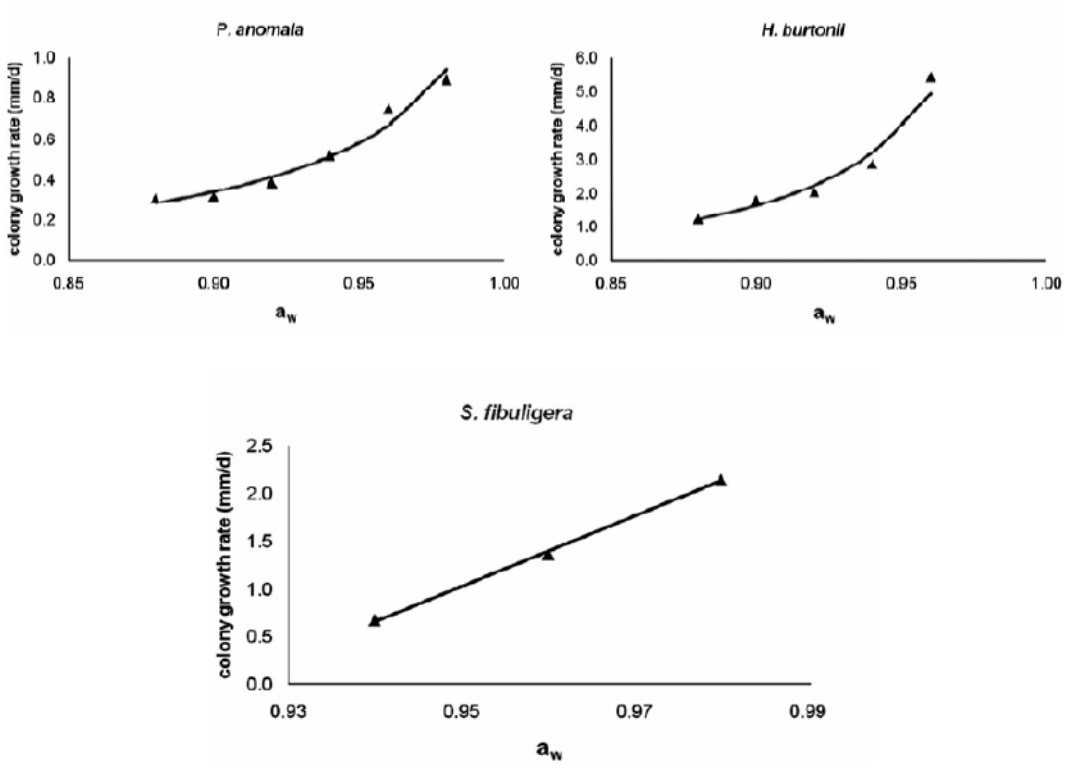
تحت شرایط بی‌هوازی دوره‌ی کمون این مخمرها طولانی گشته و با استفاده از جاذب‌های اکسیژن رشد آن‌ها به‌تأخیر می‌افتد. به‌گونه‌ای که مخمر P.آنومالا در طی ۱۸ روز و مخمرهای H.بورتنی و S.فیبولیجرا در طی ۲۱ روز قادر به تولید کلنی‌هایی به طول ۲ میلی‌متر خواهند بود. بنابراین بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به‌تنهایی قادر به بازداشتن رشد همه‌ی اشکال میکروارگانیسم‌های مولد فساد نبوده و یافتن راهکارهای دیگری بدین منظور لازم می‌باشد. پژوهش‌هایی درخصوص اثرات pH و فعالیت آبی بر دوره‌ی کمون و سرعت تشکیل کلنی کپک‌های گچی صورت گرفته است. با استمرار این تحقیقات شاید بتوان ترکیبات ضدقارچی طبیعی را کشف نمود که در کنار بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده از فعالیت همه نوع میکروارگانیسم مولد فساد به‌مدّت حداقل سه یا چهار هفته جلوگیری نمود. بنا بر پژوهش‌های صورت گرفته، در فعالیت آبی ۰/۸۸ هنوز P.آنومالا قادر به رشد پس از دوره‌ی کمون ۱۱/۵ روزه بوده در حالی‌که H.بورتنی نهایتاً تا فعالیت آبی ۰/۹۱۱ را می‌تواند تحمل کند. فعالیت آبی اپتیمم[6] P.آنومالا ۰/۹۶ و H.بورتنی و S.فیبولیجرا ۰/۹۸ می‌باشد. P.آنومالا به‌طرز عجیبی در دامنه‌ی pH= ۲/۸–۸، در دو pH ۲/۸ و ۸ بیشترین سرعت رشد و در pH= ۶/۲ کم‌ترین سرعت رشد را دارد. H.بورتنی و S.فیبولیجرا نیز در pHهای ۲/۸ و ۶ کمترین سرعت رشد و در pH=۵ بیشترین سرعت رشد را دارند(۱)(جدول ۱).

1- Pichia anomala,
2- Hyphopichia burtonii
3- Saccharomycopsis fibuligera
4- Colony
5- Mycelium
6- Optimum

جدول۱- تأثیر pH بر سرعت رشد کلنی(میلی‌متر/ روز) مخمرهای کپک گچی در محیط کشت MEA در دمای ۲۲ °C

pH	P.آنومالا	S.فیبولیجرا	H.بورتنی
۲/۸	۱/۰۰۶±۰/۰۵۳	–	۱/۰۲۲±۰/۱۲۶
۳/۰	۰/۸۸±۰/۰۸۶	۰/۵۲۶±۰/۱۴۹	۱/۲۸۵±۰/۰۴۴
۴/۰	۰/۸۲۱±۰/۰۶۸	۱/۱۵۳±۰/۰۲۹	۲/۴۲۱±۰/۰۹۲
۵/۰	۰/۷۶۶±۰/۰۴۶	۱/۹۷۱±۰/۰۵۳	۳/۰۴۹±۰/۰۴۱
۶/۲	۰/۵۶۷±۰/۰۲	۱/۶۲۶±۰/۰۳۴	۲/۵۵۶±۰/۰۲۳
۷/۰	۰/۹۵۱±۰/۰۴۷	۱/۵۶۳±۰/۰۸۲	۲/۹۰۹±۰/۰۷۷
۸/۰	۰/۹۴۶±۰/۰۳۱	۱/۳۵۴±۰/۰۸۹	۲/۸۳۷±۰/۱۰۷

در مورد اثر pH و a_w بر مدّت زمان فاز تأخیر، از آنجایی که pH نسبت به فعالیت آبی اثر کمتری بر دوره‌ی کمون کپک‌های گچی می‌گذارد، بنابراین در این رابطه فعالیت آبی عاملی تعیین‌کننده است. طولانی‌ترین فاز تأخیر در a_w=۰/۸۸ دیده می‌شود، به‌گونه‌ای‌که P.آنومالا، H.بورتنی و S.فیبولیجرا به‌ترتیب دارای دوره‌ی کمون[2] ۱۱/۵، ۱۵ و ۲۱ روزه هستند. در a_w=۰/۸۸ فاز تأخیر P.آنومالا ۳/۵ روز و H.بورتنی و S.فیبولیجرا حداقل یک هفته می‌باشد. نمودارهای ذیل به‌طور کامل پتانسیل کپک‌های گچی را در فاسد نمودن نان‌های نیم‌پز نشان می‌دهند. این نمودارها می‌توانند در یافتن راهکارهای مؤثر نگه داری نان‌های نیم‌پز، مفید واقع شوند. به‌عنوان مثال در رابطه با نان نیم‌پز[3](یک نوع نان ایتالیایی) که دارای pH= ۵/٤±۰/۲ و a_w=۰/۹٤±۰/۰۰۲ می‌باشد، تحت این شرایط و باتوجّه به نمودارهای فعالیت آبی کپک‌های گچی (به‌دلیل اینکه pH به خصوص در



محور افقی: مقدار a_w، محور عمودی: سرعت رشد کلنی

نمودار ۱- تأثیر a_w بر سرعت رشد کلنی کپک‌های گچی مختلف بر روی محیط کشت MEA در ۲۲°C (۱۰)

1- Malt Extract Agar

2- Lag phase

3- Ciabatta

مقادیر بیشتر از پنج نسبت به فعالیت آبی اثر کمتری بر دوره‌ی کمون کپک‌های گچی می‌گذارد، بنابراین فعالیت آبی عاملی تعیین‌کننده است.)، P.آنومالا، H.بورتنی و S.فیبولیجرا به‌ترتیب پس از گذشت ٦/٥، ٤ و ١٠ روز قادر به تولید کلنی‌هایی با ضخامت ٣ میلی‌متر خواهند بود(٣).

بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده نمی‌تواند جایگزین رعایت شرایط بهداشتی گردد. اگر قبل از پیش‌پخت، اصول بهداشتی رعایت نشود، جمعیت میکروبی بالایی پس از گذشت چند هفته از انبارش- حتّی در نان‌های بسته‌بندی شده در اتمسفر اصلاح شده- دیده خواهد شد. آلودگی بالا منجر به ایجاد آروما‌ی[1] نامطلوب و پوسته‌ای چسبنده و ضعیف می‌گردد. چنین پوسته‌ای به مواد بسته‌بندی می‌چسبد. بنابراین هر چند امکان رشد باکتری‌های پاتوژن‌زا[2] در MAP وجود ندارد، ولی به‌منظور داشتن نانی با خواص حسی و بافتی مطلوب، رعایت اصول بهداشتی ضروری به‌نظر می‌رسد. استفاده از فیلترهای میکروبی، فشار بالا و رعایت بهداشت فردی از اصول بهداشتی می‌باشند(١).

شکل ٢- ماشین فرم/ فیل/ سیل

٦- معرفی مواد اولیه بسته‌بندی در بسته‌بندی نان به روش اتمسفر اصلاح شده

امکان تبادل گازی اندک بسته با هوای محیط اطراف در بسته‌بندی‌های گازی، شرطی لازم محسوب می‌شود(١). زیرا ترکیب گاز داخل بسته به‌وسیله‌ی برهم‌کنش انتشار گاز از طریق بسته و تنفس و تعرق فراورده یا تنفس میکروارگانیسم، اصلاح می‌گردد(١٠). بدین منظور مواد بسته‌بندی باید دارای خصوصیت تبادل گازی خوبی باشند. در(جدول ٢) کیفیت تبادل گاز برخی فیلم‌های پلیمری[3] نشان داده شده است.

همان‌طور که در(جدول ٢) نشان داده شده است، خصوصیت تبادل گاز یک ماده‌ی بسته‌بندی به نوع گاز و رطوبت نسبی بستگی دارد. با افزایش رطوبت نسبی، مقدار تبادل گاز کمتر می‌گردد. تنها دو پلیمر PVDC[4] و EVOH[5] به‌طور گسترده‌ای در بسته‌بندی گاز استفاده می‌شوند. این دو پلیمر تبادل‌کننده‌های گازی بسیار خوبی برای هر سه نوع گاز اکسیژن، نیتروژن و دی‌اکسیدکربن می‌باشند. همچنین برای بخار آب نیز متبادل‌کننده‌های خوبی محسوب می‌شوند. EVOH ماده‌ی بسته‌بندی مناسبی برای جلوگیری از خشک شدن فراورده می‌باشد. بخارآب به‌دلیل قطبی بودن مولکول‌هایش با سرعت بیشتری نسبت به نیتروژن انتشار می‌یابد. به‌همین‌دلیل نیز سرعت انتشار دی‌اکسیدکربن بیشتر از نیتروژن است(١).

اگر در بسته‌بندی از پلی‌مری با قابلیت تبادل گاز پایین استفاده شود، دی‌اکسیدکربن موجود در بسته هرگز یا به‌مقدار کم، به‌وسیله‌ی گازهای هوای محیط

1- Aroma
2- Pathogen

3- Polymeric film
4- Poly vinylidene chloride
5- Ethylene vinyl alcohol

جدول۲- کیفیت تبادل گاز برخی فیلم‌های پلیمری

جنس بسته	اکسیژن	نیتروژن	دی‌اکسیدکربن	بخار آب
پلی‌اتیلن با دانسیته‌ی بالا	+	+	−	−−
پلی‌اتیلن با دانسیته‌ی پایین	++	++	+	۰
پلی‌پروپیلن	+	++	۰	−−
پلی‌وینیل‌کلراید	++	++	++	−
پلی‌آمید	++	++	++	−−
پلی‌وینیلیدین‌کلراید(PVDC)	++	++	++	+
اتیلن‌وینیل‌الکل(EVOH)	++	++	++	+

++ = تبادل گاز بسیار خوب

۰ = تبادل گاز مناسب

−− = تبادل گاز بسیار بد

(مثل نیتروژن و اکسیژن) جابه‌جا نمی‌شود (دی‌اکسیدکربن به بیرون بسته بدون جابه‌جایی، انتشار می‌یابد و در نتیجه فشار جزئی آن در داخل بسته کاهش پیدا می‌کند). بعد از گذشت مدّت زمانی، این پدیده موجب ایجاد خلأ کاذب در بسته می‌گردد. علت کاذب نامیده شدن خلأ، وجود فشار قابل توجّه در بسته می‌باشد. به‌منظور جلوگیری از وقوع این پدیده، استفاده از گاز حامی(۵۰٪ نیتروژن) توصیه می‌شود. با استفاده از گاز حامی، تفاوت فشار جزئی دی‌اکسیدکربن داخل و خارج بسته کمتر گشته، بنابراین از میزان انتشار دی‌اکسیدکربن داخل بسته به هوای محیط کاسته می‌شود. همچنین به‌دلیل اینکه در هر صورت کاهش فشار جزئی دی‌اکسیدکربن را به‌دلیل انتشار آن به بیرون بسته در طول انبارش خواهیم داشت، بنابراین در این مدّت فشار جزئی گاز حامی افزایش یافته و به‌دنبال آن از تشکیل خلأ کاذب جلوگیری شده یا به‌تأخیر می‌افتد.

از آن‌جایی‌که قیمت بالای پلی‌مرهای دارای خصوصیت تبادل گاز بسیارخوب کاربرد آنها را کمتر نموده، بنابراین اهمیت استفاده از گاز حامی افزایش می‌یابد.

اگرچه با افزایش زیاد مقدار این گاز محافظت فراورده در برابر رشد کپک‌ها کاهش پیدا می‌کند(۱).

هرگز در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده از یک نوع فیلم پلیمر استفاده نمی‌شود. بلکه فیلم بسته‌بندی همیشه از سه لایه تشکیل می‌گردد که لایه‌ی میانی پلیمری با قابلیت تبادل گاز می‌باشد. لایه‌ی داخلی خاصیت درزگیری خوبی داشته که به‌منظور اطمینان بیشتر عمل درزگیری با حرارت انجام می‌پذیرد. غالباً پلی‌اتیلن[1] به‌عنوان لایه‌ی داخلی استفاده می‌شود. لایه‌ی خارجی فیلم بسته‌بندی نیز باید دارای دو خصوصیت ذیل باشد(۱):

الف- مقاومت مکانیکی بالا به فرورفتگی، ترکیدگی و پارگی؛

ب- خصوصیت چاپ‌پذیری عالی.

اغلب پلی‌پروپیلن[2] یا نایلون[3] به‌عنوان لایه‌ی خارجی انتخاب می‌گردد.

در طول ذخیره‌سازی، ترکیب هوای داخل بسته‌ی گازی به‌دلیل انتشار گازها از فیلم بسته‌بندی تغییر می‌کند.

1- Poly ethylene
2- Polypropylene
3- Nylon

فعالیت میکروبی مسئول اصلی کاهش پیوسته‌ی اکسیژن در طی روزهای اول ذخیره‌سازی می‌باشد. بسته به فنّاوری استفاده شده، مقدار اکسیژن داخل بسته‌ی گازی بلافاصله پس از بسته‌بندی، از کمتر از ۱٪ تا ۵-۳٪ متفاوت است. در نتیجه‌ی فعالیت میکروبی پس از گذشت چند روز مقدار آن تقریباً به صفر می‌رسد. در چنین شرایط بی‌هوازی، فعالیت میکروبی به‌شدّت کاهش می‌یابد. چنانچه در اولین ماه ذخیره‌سازی، رشد کپکی دیده شود، دلیل آن درزگیری نامناسب یا اصابت ضربه‌ی مکانیکی به بسته‌ی گازی می‌باشد(۱).

۷- معرفی فنّاوری‌های بسته‌بندی نان به روش اتمسفر اصلاح شده

بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در ماشین‌های مخصوصی انجام می‌گیرد(۲). دو فنّاوری اساسی در بسته‌بندی گازی استفاده می‌شود (۱):

الف- فناوری دیپ-درون

فنّاوری دیپ-درون [1] پیشرفته‌تر بوده و کاربرد بیشتری دارد. در این فنّاوری بسته‌ی گازی دو تکه بوده و شامل دو فیلم برای تشکیل تکه‌های بالا و پایین می‌باشد. لزوماً جنس فیلم‌های بالا و پایین بسته مشابه نیست. در فنّاوری مذکور بسته‌ی گازی در طی پنج مرحله‌ی ذیل تشکیل می‌گردد:

۱- فیلم تشکیل دهنده‌ی قسمت پایینی بسته، قالب‌گذاری می‌گردد. از حرارت در طی قالب‌گذاری به‌منظور جلوگیری از پاره شدن فیلم استفاده می‌شود؛

۲- فراورده داخل فیلم درون قالب قرار داده شده و از فیلم دیگری(فیلم تشکیل‌دهنده‌ی بخش بالایی بسته) برای پوشاندن فیلم پایینی استفاده می‌گردد؛

۳- قالب حاوی فیلم پایین، فراورده و فیلم بالایی داخل محفظه‌ی خلأ قرار می‌گیرد؛

۴- دی‌اکسیدکربن به‌تنهایی یا به‌صورت مخلوط با نیتروژن با فشار به داخل بسته تزریق می‌شود؛

۵- در نهایت فیلم بالایی توسط حرارت به فیلم پایینی دوخت شده و بسته‌ی گازی تشکیل شده در ابعاد مورد نیاز برش داده می‌شود.

ظرفیت ماشین بسته‌بندی ٤ الی ۸ بسته در هر دقیقه (با توجّه به ابعاد مورد نیاز) است. ظرفیت ماشین بسته‌بندی به‌دلیل وجود مرحله‌ی خلأ (مرحله‌ی سوم) محدود می‌باشد. با افزایش ظرفیت ماشین به بیشتر از هشت بسته در دقیقه، مقدار اکسیژن داخل بسته تا حد قابل قبولی کاهش نمی‌یابد. بهترین سطح اکسیژن داخل بسته‌ی گازی، در این فنّاوری کمتر از ۱٪ می‌باشد(۱).

ب- فناوری فلو-رپ

در فنّاوری فلو-رپ [2] که گاهی "فرم/ فیل/ سیل [3]" نامیده می‌شود، بسته یک تکه می‌باشد. در این فنّاوری، ابتدا فراورده بر روی یک فیلم متحرک گذاشته شده، سپس با تا کردن فیلم آن را به‌شکل یک لوله درمی‌آورند. به‌وسیله‌ی حرارت دو لبه‌ی فیلم به هم‌دیگر دوخت می‌شود. در همین زمان گاز نگه‌دارنده (دی‌اکسیدکربن) به داخل بسته دمیده شده و در نهایت درزگیری توسط حرارت صورت می‌گیرد. به‌دلیل سرعت بالای این فنّاوری، میزان گاز انتشار یافته از داخل فراورده به فضای خالی بالای بسته ناچیز بوده و مقدار اکسیژن بالا (۵٪) می‌باشد. با تزریق دی‌اکسیدکربن به داخل بسته، قبل از بسته‌بندی می‌توان سطح اکسیژن را کاهش داد ولی در هر صورت مقدار اکسیژن داخل بسته در این فنّاوری بالاتر از Deep-drawn می‌باشد(۱).

1- Deep-drawn

2- Flow-wrap

3- form, fill, seal

۸- نتیجه گیری

فنّاوری نان نیم‌پز امکان دسترسی آسان به یک فراورده‌ی تقریباً آماده را در هر ساعت از روز می‌دهد. این فنّاوری به‌دلیل تولید متمرکز موجب استاندارد شدن فرمولاسیون خمیر و در نتیجه بهبود کیفیت و کاهش ضایعات نان می‌گردد و در عین حال از نقطه‌نظر اقتصادی نیز مطلوب می‌باشد.

به‌منظور داشتن یک بسته‌بندی گازی مطلوب رعایت سه مورد ذیل ضروری به‌نظر می‌رسد:

۱- رعایت اصول بهداشتی در مرحله‌ی سرد نمودن؛

۲- استفاده از مواد بسته‌بندی خوب؛

۳- استفاده از ترکیب گازی مناسب.

در صورت مطلوب بودن سه شرط ذکر شده در بالا زمان ذخیره‌سازی نان نیم‌پز در دمای چهار درجه‌ی سانتی‌گراد حداقل دو ماه می‌باشد(البته به‌استثنای فساد کپکی گچی).

۹- منابع

1. Sluimer, P. “Principles of breadmaking”. American association of cereal chemists. 2005.

2. Leuschner, R., O’Callaghan, M., Arendt, E. “Moisture distribution and microbial quality of part baked breads as related to storage and rebaking conditions”. Journal of food science. 64(3): 543-546. 1999.

3. Deschuyffeleer, N., Audenaert, K., “Samapundo, S., Ameye, S., Eeckhout, M., Devlieghere, F. Identification and characterization of yeasts causing chalk mould defects on par-baked bread”. Food microbiology. 28: 1019-1027. 2011.

4. Park, C., Baik, B. “Influences of baking and thawing conditions on quality of par-baked french bread”. Cereal chem. 84(1): 38–43. 2007.

5. Decock, P., Cappelle, S. “Bread technology and sourdough technology”. Trends in food science & technology. 16: 113–120. 2005.

6. Cliffe-Byrnes, V., Laughlin, C., O’Beirne, D. “The effects of packaging film and storage temperature on the quality of a dry coleslaw mix packaged in a modified atmosphere”. International Journal of food science and technology. 38: 187–199. 2003.

7. Rosell, C., Gómeza, M. “Frozen dough and partially baked bread: an update”. Food reviews international. 23(3): 1-37. 2007.

8. Eugenia, M., Haros, M., Rosell, C. “An approach to studying the effect of different bread improvers on the staling of pre-baked frozen bread”. Eur food res technol. 218: 56–61. 2003.

9. Hamdami, N., Monteau, J., Bail, A. “Moisture diffusivity and water activity of part-baked bread at above and sub-freezing temperatures International”. Journal of food science and technology. 41: 33–44. 2006.

10. Talasila, C., Cameron, A., “Prediction equations for gases in flexible modified atmosphere Packages of respiring produce are different than those for rigid packages”. Journal of food science. 62(5): 926-930. 1997.

آدرس نویسنده

استان گلستان- شهرستان گرگان- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.