اثر بسته بندی با اتمسفراصلاح شده بر ماندگاری کیک کم کالری پخته شده به روش مایکروویو و تخمین ماندگاری محصول نهایی با استفاده از روش ASLT

زهرا نظری[1*]، ناصر صداقت[2]

۱- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری موادغذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران
۲- دانشیارگروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۰۲)

چکیده

با توجه به اینکه یکی از مهمترین دلایل افت رطوبت و بیاتی محصولات آردی، عدم بسته بندی و نگهداری صحیح این محصولات است، لذا در این پژوهش استفاده از بسته بندی اتمسفر اصلاح شده برای افزایش زمان ماندگاری کیک اسفنجی تولید شده با مایکروویو مورد بررسی قرارگرفت. متغیرهای مستقل فرایند شامل نوع بسته بندی (هوای معمولی و MAP)، دما (۲۰، ۳۰ و ٤٠ سانتیگراد) و زمان نگهداری (۱، ۳ و ٦ روز) بود که در قالب یک طرح کاملا تصادفی بر پایه فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افت رطوبت در نمونه‌های کیک نگهداری شده در بسته بندی MAP نسبت به نمونه های بسته بندی هوای معمولی کمتر بود، در نتیجه کیک ها بافت نرمتری داشتند. همچنین نمونه های کیک نگهداری شده در بسته بندی MAP دارای فعالیت آبی بیشتری نسبت به نمونه های قرار گرفته در بسته بندی معمولی بود. در حالیکه افزایش دما و زمان نگهداری منجر به کاهش رطوبت و فعالیت آبی و افزایش سفتی بافت محصول نهایی گردید. نتایج تعیین پارامترهای سنتیکی با روش ASLT نیز نشان داد که بیشترین زمان نگهداری مربوط به دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بود که برای نمونه های نگهداری شده در بسته بندی معمولی و بسته‌بندیMAP به ترتیب برابر ۲۱ و ۲۸ روز محاسبه گردید. بطور کلی طبق نتایج حاصل از این پژوهش، نگهداری کیک در بسته بندی MAP با دمای محیط عمر ماندگاری آن را به طور قابل توجهی افزایش داد.

کلید واژگان: بسته بندی MAP، کیک، مایکروویو، بیاتی، ASLT

* مسئول مکاتبات: nazari@jdm.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

۱- مقدمه

امروزه به واسطه توجه و علاقه مصرف کنندگان به ویژگیهای تغذیه‌ای مواد غذایی در خواست برای تولید مواد غذایی کم کالری افزایش یافته و صنعت غذا برای بهینه کردن ارزش تغذیه‌ای در کنار حفظ یا بهبود طعم محصول، بر طراحی مجدد مواد غذایی سنتی متمرکز شده است [۱-۳]. کیک یک محصول غذایی مورد علاقه مصرف کنندگان محسوب میشود. هر ۱۰۰ گرم کیک اسفنجی تقریباً معادل ۱۹۲۰ کیلو ژول یا ٤٦٠ کیلو کالری انرژی تولید میکند. به دلیل مقادیر چربی و شکر بالا در فرمول آن و در نتیجه کالری بالا، مصرف مداوم و طولانی مدت این ماده غذایی چاقی و به دنبال آن مشکلات سلامتی ایجاد میکند [٤-۷]. به علاوه به دلیل عدم متابولیزه شدن گلوکز حاصل از هیدرولیز ساکارز در بدن بدون وجود انسولین، و افزایش سطح قند خون در افراد دیابتی به دلیل تولید مقادیر پایین انسولین در پانکراس(دیابت نوع۱)و کاهش گیرنده های انسولین درسطح سلولها (دیابت نوع۲) تقاضای روز افزونی برای مواد غذایی ویژه افراد دیابتی وجود دارد [۸]. قند و چربی از جمله ترکیبات سرشار از کالری و از طرفی فاکتورهای مؤثری در مقبولیت کیک به شمار می روند. به عنوان مثال، زمانی که شکر از فرمولاسیون کیک حذف شود باید از ترکیبات جایگزین برای جبران کمبود آن استفاده کرد [۸]. از آنجائیکه شیرین کننده‌های سنتزی قادر به تأمین تمامی ویژگیهای ساکارز نمی‌باشند، میتوان از ترکیباتی مانند قندهای الکلی به عنوان ترکیبات پر کننده جایگزین ساکارز در فرمولاسیون کیکهای اسفنجی استفاده کرد [۹]. از سوی دیگر به سبب نقش کلیدی چربی در کیک می بایست جایگزین مناسبی برای آن انتخاب شود تا ویژگی های آن از لحاظ کیفی مانند طعم و رنگ آن حفظ گردد، در این رابطه برخی صمغ ها مانند گوار و زانتان و برخی امولسیفایرها مانند دی استیل تارتارات استر منوگلیسرید می تواند جایگزین مناسبی باشد[۱۰]. پخت با مایکروویو یکی از روش های جدیدی است که امتیازات زیادی نظیر زمان اولیه کمتر، گرم شدن سریعتر، بازده انرژی بالاتر، اشغال فضای کمتر، کنترل دقیق فرآیند و آماده سازی غذایی با کیفیت بالای تغذیه ایرا شامل میشود [۱۱و۱۲]. تحقیقات نشان داده است که تحت شرایط پخت با مایکروویو، تشعشعات مایکروویو با تاثیر بر مولکوهایی مثل آب حرارت تولید می کند که باعث تغییر ساختار کیک می شود [۱۳]. یکی از مشکلات کیک های پخته شده با روش مایکروویو، سرعت بیاتی و نیز میزان بالای از دست دادن رطوبت آنها نسبت به روش پخت با آون های معمولی است. مکانیسم بیاتی کیک تولید شده با مایکروویو هنوز بطور کامل شناخته شده نیست ولی بر اساس نظریه Higo وقتی محصولات نانوایی با مایکروویو حرارت داده می شوند، آمیلوز بیشتری از گرانول های نشاسته نشت می کند. هنگامیکه ترکیبات ماده غذایی در مایکروویو تحت حرارت دهی قرار می گیرند، میزان حرارت نسبتاً زیاد داخلی باعث افزایش تبدیل رطوبت به بخار در قسمت جامد ماده غذایی می شود که باعث ایجاد فشار داخلی و گرادیان غلظتی مشخصی می شود، فشار مثبت داخلی ایجاد شده در ترکیبات ماده غذایی باعث افزایش جریان بخار از میان ترکیبات ماده غذایی به سمت مرزها می شود و در نتیجه رطوبت محصول کاهش و بیاتی تسریع می‌شود [۱۲و۱٤و۱۵]. نشاسته های فوری و یا هیدروکلوئیدها می توانند برای نگهداری رطوبت محصولات تولید شده با مایکروویو مورد استفاده قرار گیرند.رشد کپک و بیاتی دو مشکل عمده در مدت ماندگاری محصولات پخت با رطوبت بالا و رطوبت متوسط می باشد. کیک بعد از پخت عاری از کپکها و باکتریهای زنده است، اما به دلیل داشتن رطوبت و pH مناسب، محیط خیلی خوبی برای رشد کپک به شمار می رود. تحت شرایط بهداشتی امکان کاهش تعداد اسپورهای کپک وجود دارد [۱٦]. کاربرد سیستم اتمسفر اصلاح شده می تواند باعث ممانعت از رشد میکروبی شود و حفظ کیفیت ماده غذایی شود [۱۷]. این روش به علت داشتن مقدارکم اکسیژن و مقدار زیاد دی اکسیدکربن، باعث جلوگیری از آلودگی میکروبی در مواد غذایی می شود. دی اکسید کربن یکی از گازهای مهم در مخلوط گازهاست که هم خاصیت ضدباکتریایی و هم خاصیت ضد کپکی دارد [۱۸]. به همین دلیل یک افزایش تقاضا برای قابلیت نگهداری محصولات پخت در اتمسفرهای اصلاح شده، که غالبا ترکیبی از دی اکسید کربن تنها یا مخلوط هایی از دی اکسید کربن و نیتروژن است، وجود دارد [۱۹]. دی اکسید کربن نسبت به نیتروژن اثر بازدارندگی بیشتری روی کپک ها نشان داده است. Knorr و همکاران (۱۹۸۵) نشان دادند که سفتی مغز نان سفید یا نان حاصل از آرد کامل انبار شده در دی اکسیدکربن برای ١٤ روز کمتر از نان انبار شده در نیتروژن یا در اتمسفر هوا بود [۲۰]. Avital و همکاران (۱۹۹۰) دریافتند سفتی مغز نان white

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

pan نگهداری شده در CO_2برای ۱۰ روز در مقایسه با نان نگهداری شده در اتمسفر هوا کمتر بود[۲۱]. در حالیکه Rasmussen و همکاران در سال ۲۰۰۰ اثرات قابل توجهی از بسته بندی اتمسفر اصلاح شده در طی انبار نان برای ۷ روز در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد در مقایسه با نان شاهد نیافتند[۲۲]. اثر ممانعت کنندگی آنها به غلظت، دمای انکوباسیون، میکروارگانیزم ها و فعالیت آبی محیط بستگی دارد[۲۳]. El Halouat و Debevere(۱۹۹۷) گزارشکردند که کاهش مقدار a_w باعث افزایش اثر ممانعت کنندگی مقادیر بالایCO_2 بر جوانه زنی و رشد میسلیوم ها می شود[۲٤]. بعلت آنکه کپک ها کاملاً هوازی هستند، برای افزایش زمان ماندگاری باید مقدار اکسیژن باقیمانده کمتر از ۱٪ باشد[۲۵]. به طور کلی برای تعیین زمان ماندگاری دو روش بلند مدت و کوتاه مدت وجود دارد. برای روش بلندمدت از اصطلاح تعیین و برای روش کوتاه مدت از اصطلاح ارزیابیا پیش بینی استفاده می شود[۲٦].استفاده از روش بلندمدت برای تعیین زمان ماندگاری مواد غذایی پایدار نیازمند زمان طولانی است،یکی از روش هایی که بتوان در مدت زمان نسبتاً کوتاهی اطلاعات لازم برای تعیین زمان ماندگاری را بدست آورد روش ASLT[1]است. ASLT به روش هایی اطلاق می شود که بوسیله آن ها بتوان در زمان کوتاهتری نسبت به زمان ماندگاری واقعی ماده غذایی، پایداری آن را مورد ارزیابی قرار داد [۲۷]. در ASLT فرض بر این است که چنانچه موادغذایی تحت تأثیر عوامل تسریع کننده فساد مانند حرارت، نور، اکسیژن قرار گیرند فرآیندهایفیزیکی، شیمیایی، بیوشیمیایی ومیکروبی که سبب فساد آن ها می‌شوند نیز تسریع خواهند شد[۲۸].فرض دیگر این است که مدل های سینتیکی مناسبی وجود دارند که می توانند بین شرایط محیطی و شرایط تسریع شده ارتباط صحیحی برقرار نموده و جهت پیش بینی زمان ماندگاری مورد استفاده قرار گیرند[۲۸].براین اساس در ASLT، ماده غذایی تحت تأثیر عوامل تسریع کننده فساد قرار می گیرند و تغییرات شاخص کیفی مرتبط پایش می شوند. سپس با معلوم بودن زمان ماندگاری در شرایط تسریع شده و به کارگیری مدل های سینتیکی مناسب می توان زمان ماندگاری را در شرایط معمولی نگهداری تعیین نمود. در این شیوه از ASLT که عامل تسریع کننده درجه حرارت می باشد، ماده غذایی تحت درجات حرارت بالا نگهداری می شوند و نتایج حاصل از طریق به کارگیری معادله آرینوس به شرایط معمولی تعمیم داده می‌شود [۲۹]. به این ترتیب زمان آزمون به طور چشمگیری کاهش مییابد. با توجه به تحقیقات بسیار کم در زمینه بسته بندی کیک کم کالری و بویژه تخمین زمان ماندگاری این محصول هدف از این پژوهش، ارزیابی اثر بسته بندی اتمسفر اصلاح شده(MAP) روی بیاتی و زمان ماندگاری میکروبی کیک اسفنجی کم کالری پخته شده با روش مایکروویو و محاسبه و تخمین زمان ماندگاری محصول تحت شرایط مختلف نگهداری می‌باشد.

۲- مواد و روش ها

مواد اولیه این تحقیق که برای تولید فرمولاسیون بهینه کیک کم کالری با روش مایکروویو استفاده شد شامل آرد نول۲۵٪، شکر ۲۵٪، چربی٦/۲ ٪، آب۲۷٪، پودر کاکائو۳٪، پودرشیرخشک۳٪، سفیده تخم مرغ۳٪، نمک۱٪، بیکینگ پودر ۱٪ از فروشگاه های مواد غذایی،صمغ زانتان ۰/۳٪ از شرکت سیگما و نشاسته پری ژلاتینه۱٪ از شرکت گلوکوزان قزوین تهیه شد.

۲-۱- روش تولید کیک

ابتدا سفیده تخم مرغ و شکر به مدت یک دقیقه با کمترین سرعت مخلوط شد،سپس روغن اضافه و مخلوط شد،همه مواد خشک و آب به ترتیب اضافه شد و به مدت سه دقیقه مخلوط شد. ۳٦ گرم از خمیر کیک در قالب‌های کاغذیتوزین گردید، سپس در آون مایکروویو با قدرت۱۰۰٪ و مدت ۲ دقیقه پخت شد. پس از پخت، کیک ها در دمای اتاق به مدت نیم ساعت سرد و بسته بندی شدند[۳۰].صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه نیز همراه با مواد خشک به فرمولاسیون کیک افزوده شدند. پخت نمونه ها و آزمون های فیزیکی، شیمیایی در سه تکرار انجام گرفت.در شرایط بهینه مقادیر متغیرهای مستقل شامل میزان روغن، غلظت زانتان و نشاسته به ترتیب ٦/۲، ۰/۳ و ۱ درصد به دست آمد[۳۱].

۲-۲- روش بسته بندی نمونه ها

کیک با فرمول بهینه پس از سرد شدن در کیسه های پلاستیکی سه لایه PE/PA/PEبه ضخامت ۸۰ میکرون قرار داده و نمونه ها با استفاده از دستگاه بسته بندی هنکلمن مدل 200A و تزریق گاز با درصد مورد نظر بسته بندیشد.کیک با فرمول

1. Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

بهینه، تحت تیمارهای بسته بندی شامل بسته بندی معمولی و اصلاح شده با ترکیب گاز $CO_2:N_2(70:30)$[۳۲]، دمای نگهداری (۲۰،۳۰ و ٤٠ درجه سانتی گراد)و زمان نگهداری (۱، ۳ و ٦ روز) قرار گرفت. زمان پخت و توان مایکروویو در تمام نمونه ها ثابت بوده و نمونه ها در سه تکرار به منظور کاهش خطای تحقیق تولید شد.صفات مورد بررسی در این مرحله شامل آزمون رطوبت، فعالیت آبی، سفتی بافت و آزمون ارزیابی حسیجهت افزایش زمان ماندگاری محصول تحت شرایط مختلف نگهداری بود.

در مرحله نهایی این تحقیقبا استفاده از داده های بدست آمده حین انجام آزمایشات برای رطوبت کیک تولیدی با مایکروویو در شرایط نگهداری هوای معمولی و اتمسفر اصلاح شده $CO_2:N_2(70:30)$ پارامترهای سنتیکی با هدف کاربرد آن ها در روشASLT و پیش بینی زمان ماندگاری کیک تولیدی با روش مایکروویو در دماهای مختلف ارزیابی گردید.

۲-۳- تعیین رطوبت

برای محاسبه میزان رطوبت،از استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ٤٤-١٦ و با استفاده از دستگاه رطوبت سنج مادون قرمز و براساس دستورالعمل سازنده تعیین گردید[۳۳].

۲-٤- تعیین فعالیت آبی

برای تعیین فعالیت آبی نمونه های کیک از دستگاه تستو مدل ٤٠٠ مطابق دستورالعمل Roa & Tapia(۱۹۹۱) تعیین شد[٣٤].

۲-۵- ارزیابی سفتی[2] بافت

برای تعیین خصوصیات بافت کیک از دستگاه بافت سنج بر اساس روش Ronda و همکاران(۲۰۰۵) استفاده شد[۸].در این آزمون قطعه ای ۲۰×۲۰×۲۰ میلیمتر مکعب از مغز کیک توسط چاقوی برقی بریده شده و در زیر پروب دستگاه قرار گرفت، پروب استوانه ای مسطح به قطر خارجی ۳۵ میلیمتر برای فشردن هر نمونه تا ۵۰٪ ارتفاع اولیه این (۲۰ میلیمتر) با سرعت ۳۰ میلیمتر بر دقیقه، نقطه شروع ۰/۰۵ نیوتن و سل اعمال نیروی ۵ کیلوگرم برای انجام این آزمون انتخاب شد. خصوصیات بافتی در روز تولید مورد ارزیابی قرار گرفت [۸].

۲-٦- ارزیابی حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب زاده و همکاران(۱۹۹۱) انجام گردید. ویژگی های حسی نمونه توسط ۱۰ داور آموزش دیده، در روز تولید، سه و شش روز پس از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت. پارامترهایحسی و بافتی (بو و آروما، طعم و مزه، نرمی بافت) و پذیرش کلی گزینه های انتخاب شده برای این آزمون بودند. ارزیابی حسی برپایه آزمون هدونیک پنج نقطه ای انجام شد و ضریب ارزیابی از صفات از بسیار بد(۱) تا بسیار خوب(۵) بودند[۳۵].

۲-۷- تعیین زمان ماندگاری

به روش صداقت و همکاران(۱۳۸۳) تعیین گردید [۳٦].

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج بدست آمده از مرحله بسته بندی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه‌ی۹/۱ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از یک طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل سه عامله شامل نوع بسته بندی (هوای معمولی و MAP؛ $(Co_2:N_2(70:30)$، دمای نگهداری(۲۰، ۳۰ و ٤٠ درجه سانتیگراد) و مدت زمان نگهداری (۱، ۳ و ٦ روز) بود. هریک از نمونه‌هایکیک در سه تکرار توسط مایکروویو تهیه و آزمون‌های مربوطه شامل ویژگی رطوبت، فعالیت آبی، سفتی بافت و خواص حسی در مورد آن‌ها انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۰/۹۵ درصد ($P<۰/۰۵$) مورد مقایسه قرار گرفتند. در انتها برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. در انتها برای پیشگویی زمان ماندگاری به روش صداقت و همکاران (۱۳۸۳) و با استفاده از نرم افزار سیگما پلات۸ انجام گرفت[۳٦].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر پارامترهای نگهداری بر میزان رطوبت کیک کم کالری

نتایج آنالیز واریانس نشان داد (جدول۱) که اثرات مستقل تیمارهای نوع بسته بندی، دما و زمان نگهداری بر تغییرات رطوبت محصول نهایی معنی دار بود($P< ۰/۰۱$). همانطور که مشاهده می شود افت رطوبت در نمونه های کیک کم کالری نگهداری شده در بسته بندی اتمسفر اصلاح شده (MAP) نسبت به نمونه های بسته بندی هوای معمولی کمتر بود و این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). این در حالی

2. Hardness

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

بود که نمونه های بسته بندی شده در هر دو نوع بسته بندی نسبت به نمونه اولیه (کیک بلافاصله پس از تولید با میزان رطوبت ۲۰/۳٤٪) افت رطوبت داشتند که این مقدار در مورد بسته بندیMAP کمتر بود (شکل ۱). سطوح مختلف دما و زمان نگهداری نمونه های کیک تولید شده با مایکروویو نیز تأثیر معنی داری بر تغییرات رطوبت محصول نهایی داشت بطوری که در هر دونوع بسته بندیMAP و معمولی با افزایش دما (از ۲۰ تا ٤۰ درجه سانتیگراد) و زمان نگهداری (از ۱ تا ٦ روز)، از میزان رطوبت نمونه های کیک تحت تیمار نسبت به نمونه شاهد کاسته شد و کمترین مقدار رطوبت در نمونه های روز ششم نگهداری که در دمای ٤۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند مشاهده گردید (شکل ۱). با توجه به معنی دار بودن اثرات متقابل متغیرهای نگهداری نیز مشخص شد که نمونه های کیککم کالری نگهداری شده در بسته بندیMAP که در دمای ۲۰ درجه نگهداری شدند دارای کمترین افت رطوبتی در طول شش روز نگهداری بودند (شکل ۱) بطوریکه مقدار کاهش رطوبت پس از ۲٤ ساعت نگهداری محصول در شرایط MAP و در دمای ۲۰ درجه کمتر از ۱٪ بود که پس از ٦ روز نگهداری به حدود ۲٪ رسید، این در حالی بود که میزان این کاهش رطوبت در شرایط یکسان در بسته بندی هوای معمولی تقریبا ۳٪ بود که نسبت به رطوبت نمونه های شاهد (بلافاصله پس از تولید) با مقدار رطوبت ۲۰/۳ درصد، این اختلاف معنی دار بود.کاهش رطوبت می تواند با از دست دادن کیفیت، از جمله افزایشسفتیو سایر تغییرات نامطلوب در رنگ، پذیرش کلی و از دست دادن کیفیت تغذیه ای همراه باشد که به صورت بخار آب از فضای داخل بافت محصول به فضای اطراف آن (داخل بسته بندی) از دست می رود. در تحقیقی مشابه شفیعی و همکاران (۱۳۹٤) با بررسی اثر بسته بندی اتمسفراصلاح شده بر روی ماندگاری نان‌های بربری و سنگک گزارش دادند که بسته بندیMAP توانست از افت رطوبت در طی دوره نگهداری جلوگیری نماید ولی این تأثیر محدود بود. نتایج مشابهی نیز توسط آویتال و همکاران در سال ۱۹۹۰ بدست آمد. در این تحقیق ظرفیت نگهداری آب و درصد رطوبت نان بسته بندی شده در شرایط MAP بیشتر از نان بسته بندی شده در شرایط معمولی بود. آن ها دلیل این امر را ترکیب گاز دی اکسید کربن با مکان های قابل دسترس آمیلوپکتین و بلوکه شدن آن و در نتیجه کاهش پیوند هیدروژنی بین شاخه های آمیلوپکتین عنوان کردند و بدین ترتیب CO_2 را عاملی برای به تأخیر انداختن بیاتی نان معرفی نمودند[۱٦].

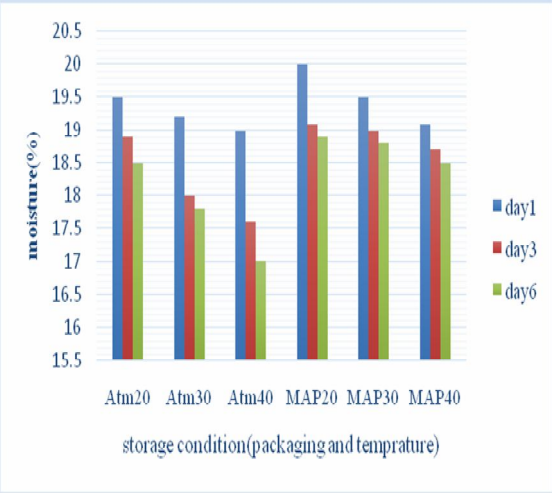

Fig 1 Effect of storage condition (packaging and temperature) on moisture content of low-calorie microwave baked cake

Table 1 Effect of storage condition on Sensory evaluation of low-calorie microwave baked cake

	aroma			softness			flavor			Overall acceptance		
	1	3	6	1	3	6	1	3	6	1	3	6
atm-20	4.85^{ab}	4.45^{cde}	4.20^{fgh}	5^{a}	4.55^{c}	4.45^{cd}	4.85^{a}	4.45^{bc}	3.95^{f}	4.85^{a}	4.50^{b}	4.10^{cd}
atm-30	4.45^{cde}	3.95^{ij}	3.55^{k}	4.75^{b}	4.35^{de}	4^{f}	4.47^{b}	4.17^{de}	3.85^{f}	4.45^{b}	3.95^{cd}	3.50^{e}
atm-40	4^{hij}	3.47^{k}	3.75^{L}	4.05^{f}	3.55^{g}	3.05^{h}	4.45^{bc}	3.55^{g}	2.95^{h}	4.05^{cd}	3.50^{e}	3.05^{f}
MAP-20	4.95^{a}	4.55^{cd}	4.15^{hi}	4.75^{b}	4.50^{cd}	4.47^{cd}	4.9^{a}	4.45^{bc}	4.50^{c}	4.65^{ab}	4.50^{b}	4.05^{cd}
MAP-30	4.65^{bc}	4.25^{efg}	3.90^{j}	4.57^{bc}	4.50^{cd}	4.25^{e}	4.75^{a}	4.25^{cd}	$4^{e}f$	4.45^{b}	4.15^{c}	3.95^{cd}
MAP-40	4.35^{def}	4.05^{hij}	3.50^{k}	4.55^{c}	4.05^{f}	3.55^{g}	4.45^{bc}	4^{ef}	3.45^{g}	4.15^{c}	3.90^{d}	3.15^{f}

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

۳-۲- اثر پارامترهای نگهداری بر میزان فعالیت آبی کیک کم کالری

نتایج آنالیز واریانس نشان داد (جدول۱) که تأثیر تیمارهای مورد آزمون بر میزان فعالیت آبی محصول نهایی در سطح احتمال ۹۹ ٪ معنی دار بود (p< ۰/۰۱)، در حالی که اثرات متقابل این تیمار ها روی میزان فعالیت آبی کیک کم کالری به روش مایکروویو در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار نبود (p>۰/۰۵). با بررسی اثر نوع بسته بندی بر فعالیت آبی محصول نهایی مشاهده شد که با تغییر در شرایط نگهداری نمونه‌های کیک تولید شده به روش مایکروویو، فعالیت آبی نسبت به نمونه شاهد به طور معنی داری تغییر یافته استبه طوری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود نمونه هایکیک نگهداری شده در بسته بندیMAP دارای فعالیت آبی بیشتری نسبت به نمونه های قرار گرفته در بسته بندی معمولی بود. در تحقیقی مشابه همتیان و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی تأثیر بسته بندی اصلاح شده بر ویژگی های نان بربری غنی شده با آرد کامل سویا گزارش دادند که میزان فعالیت آبی برای نمونه های بسته بندی شده تحت اتمسفر معمولی و غلظت‌های مختلف گاز CO_2 حدود ۰/۹۵ بود و در طی دوره نگهداری تغییر معنی داری نداشت. به دلیل تغییرات ناچیز فعالیت آبی می توان نتیجه گرفت که فعالیت آبی تأثیر معنی داری بر بیاتی نان ندارد و فاکتور مناسبی برای ارزیابی بیاتی نان نمی باشد[۳۷]. نتایج اثرات دما و زمان نگهداری نیز بر عمرماندگاری محصول نهایی نشان داد که افزایش دما و زمان نگهداری تأثیر منفی بر تازگی نمونه های کیک کم کالری داشت بطوریکه کمترین میزان فعالیت آبی به نمونه های قرار گرفته در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد و روز ششم نگهداری بود. بررسی نتایج نشان داد با نگهداری نمونه ها در بسته بندیMAP و همچنین کاهش دما و زمان نگهداری، رطوبت و فعالیت آبی نمونه های کیک بیشتر بود، بدین معنیکه با افزایش رطوبت محصول فعالیت آبی آن نیز روند افزایشی داشته است و در صورت کاهش یا تغییرات اندک رطوبت، فعالیت آبی نیز روندی مشابه را طی کرده است. با توجه به اینکه بالا بودن رطوبت و فعالیت آبی در محصول نهایی سبب تاخیر در بیاتی و در نتیجه افزایش ماندگاری محصول می شود، بنابراین نمونه های نگهداری شده در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد که به مدت ۳-۱ روز در بسته بندیMAP نگهداری شدند با فعالیت آبی برابر ۰/۷۹ نتیجه بهتری را از نظر این پارامتر حاصل کرد. در تحقیقی که اسمیت و همکاران (۱۹۸۸) با بررسی اثر فاکتورهای مؤثر بر عمرماندگاریک محصول نانوایی بنام کرامپت[3](یک محصول نانوایی بر پایه آرد گندم) گزارش دادند که با تغییر شرایط محیط نگهداری فراوده های نانوایی میتوان عمر نگهداری آن ها را افزایش داد. بعنوان مثال اگر دمای محیط نگهداری کرامپت ها ۲۳-۲٤°C و میزان CO_2 داخل بسته بندیMAP برابر ۷۰ درصد باشد عمر ماندگاری این محصول حدود ۱۵-۱۰ روز خواهد بود[۳۸]. در حالیکه اگر بخواهیم عمرماندگاری این فرآورده نانوایی را به ۳۰ روز افزایش دهیم بایستی فعالیت آبی محصول برابر ۰/۹٤، بسته بندی MAP حاوی ٦۵ ٪ دی اکسیدکربن و دمای نگهداری۲۱°C باشد. همچنین اگر هدف ماندگاری محصول به مدت ٤۰ روز باشد بایستی فعالیت آبی محصول ۰/۹٤ بوده و غلظت CO_2 و دمای نگهداری نیز به ترتیب ٦۷ ٪ و ۲۰C باشد.

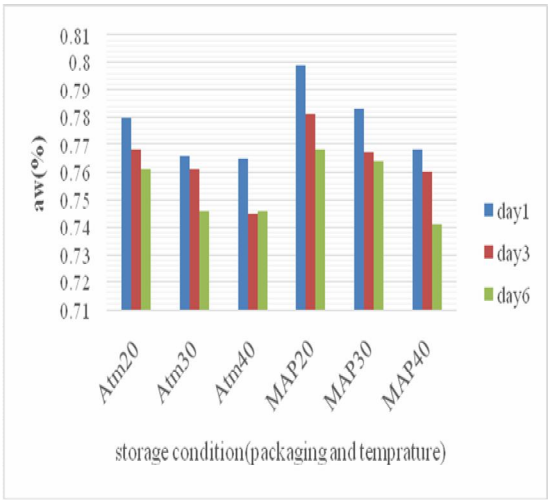

Fig 2 Effect of storage condition (packaging and temperature) on a_w content of low-calorie microwave baked cake

۳-۳- اثر پارامترهای نگهداری بر میزان سفتی بافت کیک کم کالری

سفتی حداکثر ارتفاع منحنی نیرو در اولین فشار است که حداکثر نیروی اعمال شده طی گاز زدن در منحنی نیرو-مسافت را نشان می‌دهد. این شاخص به صفات نرمیا سفتی ماده غذایی مربوط می باشد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد (جدول۱) که تأثیرتیمارهای مورد آزمون شامل نوع بسته بندی، دما و زمان نگهداری بر میزان سفتی بافت نمونه های کیک تولید شده با مایکروویو در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار بود(۰/۰۵

3. Crumpets

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

p<).همانطور که از نتایج پیداست با کاهش فعالیت آبی و رطوبت محصول، میزان سفتی نمونه ها افزایش معنی داری نشان داد بطوریکه نمونه های نگهداری شده در بسته بندی معمولی با ازدست دادن رطوبت بیشتر سفتی بافت بیشتری نسبت به بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده داشتند (شکل۳). در تحقیقی مشابه، نور و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که برای نان بسته بندی شده تحت گاز CO_2 (MAP) مقدار نیروی لازم برای فشردن نسبت به نان بسته بندی شده تحت اتمسفر معمولی کمتر می باشد و دی اکسید کربن فرایند بیاتی را به تأخیر می اندازد. آن ها همچنین گزارش دادند که با افزایش غلظت گاز دی اکسیدکربن فعالیت میکروبی در نان بسته بندی شده در اتمسفر اصلاح شده کاهش میابد[۲۰]. نتایج مشابهی نیز توسط آویتال و همکاران (۱۹۹۰) گزارش شده است مبنی بر اینکه سفتی مغز نان وایت پن[4] نگهداری شده در بسته بندی MAP برای مدت ۱۰ روز در مقایسه با نان نگهداری شده در اتمسفر هوا بطور معنی داری کمتر بود [۲۱]. افزایش دما و زمان نگهداری نیز منجر به از دست دادن رطوبت و در نتیجه سفت شدن بافت کیک شد بطوریکه نمونه های نگهداری شده در دمای ٤٠ درجه سانتیگراد در روز ششم دارای بیشترین میزان سفتی بافت بودند در حالیکه نمونه های قرار گرفته در ۲۰ درجه سانتیگراد بدلیل افت کمتر در رطوبت و فعالیت آبی، نرمی نمونه های کیک بیشتر بوده در نتیجه دیرتر بیات می شوند. همانطور که مشاهده می شود بین زمان ۱ و ۳ روز و همچنین دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتیگراد اختلاف معنی داری وجود ندارد اگرچه نسبت به شاهد (با میزان سفتی ۰/٤۷۵ نیوتن) سفتی بیشتری نشان دادند (شکل ۳). بررسی اثرات متقابل متغیرهای مورد بررسی نیز مؤید اثرات مستقل این متغیرها بود بدین معنی که نمونه های نگهداری شده در بسته بندی MAP که تحت دمای ۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند در طول زمان نگهداری کمترین افت رطوبت و در نتیجه کمترین سفتی و بالاترین تازگی را در بین نمونه ها نشان دادند. نتایج مشابهی توسط شفیعی و همکاران (۱۳۹٤) بدست آمد. این محققان نشان دادند که حداکثر نیروی مورد نیاز برای فشردن نمونه های نان بربری و سنگک در طول دوره نگهداری افزایش یافت که علت آن سفت شدن بافت نمونه ها در طی نگهداری می‌باشد. نتایج حاصل از اندازه گیری نیروی برشی نان های سنگک و بربری نشان داد در بین تیمارها، نان بسته بندی شده در اتمسفر هوای معمولی نسبت به بسته بندی MAP افزایش معنی داری در حداکثر نیروی برشی در طول دوره نگهداری نشان داد[۱٦]. بنابراین چنین میتوان نتیجه گرفت که استفاده از درصدهای مختلف گاز دی اکسیدکربن روی بیاتی و سفتی محصولات آردی مانند نان و کیک تأثیر داشته و میتواند تا حدودی سفت شدن و بیاتی نان را به تاخیر بیندازد.

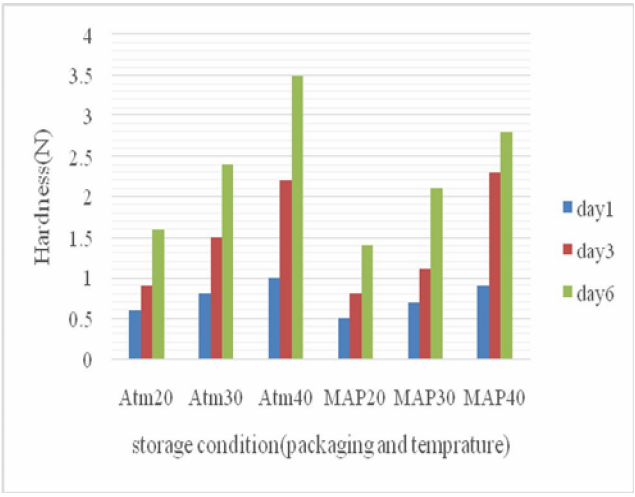

Fig 3 Effect of storage condition (packaging and temperature) on the hardness of low-calorie microwave baked cake

۳-٤- اثر پارامترهای نگهداری ارزیابی حسی کیک کم کالری

اساسا اندازه گیری کیفیت یک فرآورده بر اساس اطلاعات دریافتی از پنج حس بینایی، شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه ارزیابی حسی گفته می شود که این روش بهترین راه برای ارزیابی طعم و بافت در انواع غذاهای جدید به ویژه غذاهای ترکیبی (فرموله) در مراحل اولیه توسعه می باشد [۳۹].در این پژوهش برای ارزیابی حسی و بازار پسندی کیک تولیدی با روش مایکروویو از روش ارزیابی حسی با آزمون هدونیک ۵ نقطه و بکارگیری۲۵ ارزیاب استفاده گردید. برای این منظور نمونه های کیک نگهداری شده در شرایط مختلف که کدگذاری شده به هرکدام از ارزیابان داده شد و از آن ها خواسته شد تا محصول را از نظر ویژگی های حسی شامل بو و آروما، طعم و مزه، نرمی بافت و پذیرش کلی ارزیابی و امتیازدهی کنند.

۳-٤-۱- عطر و آروما

طبق نتایج با نگهداری نمونه های کیک کم کالری در شرایط مختلف بسته بندی، از عطر و آرومای آن ها نسبت به نمونه

4. white pan

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

اولیه (با امتیاز ٤/٩٥) کاسته شد که این کاهش در مورد بسته بندی معمولی بیشتر بود. در واقع میتوان چنین گفت که بسته بندیMAP با حفظ تازگی و جلوگیری از سفت شدن بیشتر کیک توانسته عطر و آرومای محصول نهایی را بیشتر حفظ کند در نتیجه از نظر ارزیابان امتیاز حسی بیشتری داشت. افزایش دما و زمان نگهداری نیز مانند سایر پاسخ های مورد بررسی منجر به کاهش معنی داری در بو و آرومای محصول نهایی شد ولی همانطور که مشاهده می شود حتی با نگهداری نمونه های کیک در دمای ۳۰ درجه نیز امتیاز حسی قابل قبولی توسط ارزیابان داده شد که نشان دهنده تأثیر مخربی کمتر این شرایط روی محصول نهایی می باشد (جدول ۲). نتایج اثرات متقابل نیز نشان داد که تنها نمونه هایی که در دمای٤٠ درجه سانتیگراد و در بسته بندی معمولی نگهداری شدند امتیازی کمتر از حد متوسط دریافت کردند که از نظر مصرف کننده قابل قبول نمی باشد و در سایر شرایط نگهداری امتیاز داده شده توسط ارزیابان بالاتر از ۲/۵ می باشد. بطور کلی نمونه هایی که در بسته بندیMAP و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد بودند در طول زمان نگهداری دچار کمترین افت عطر و آروما شدند بنابراین بهترین نتیجه را نشان دادند (جدول ۲). شفیعی و همکاران (١٣٩٤) نیز گزارش دادند که از لحاظ عطر و بو و همچنین طعم و مزه بهترین تیمار نان های بسته بندی شده در اتمسفر اصلاح شده (۷۰ ٪ دی اکسیدکربن و ۳۰ ٪ نیتروژن) شناخته شد. درتیماری که در شرایط ۱۰۰ ٪ دی اکسیدکربن نگهداری شده بود مزه ترشیدگی گزارش شد که علت آن استفاده از مقادیر بالای دی اکسید کربن در فضای خالی بسته بود. زیرا دی اکسیدکربن در فاز آبی نان حل شده و تبدیل به اسید کربنیک میگردد و به این صورت سبب ایجاد طعم ترش در نان میشود [١٦]. از طرفی در نمونه های نگهداری شده در هوای معمولی به علت اینکه با گذشت زمان به مقدار بیشتری رطوبت از دست می‌دهد بافت آن سفت تر شده و در نتیجه از آروما و طعم و مزه نمونه ها کاسته می شود.

۳-٤-۲- نرمی بافت

نتایج مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن نشان داد با اینکه نگهداری منجر به افت خاصیت نرمی در بافت نمونه های کیک شده است ولی تغییر در نوع بسته بندی تأثیری بر این پارامتر حسی نداشت بطوریکه نمونه های نگهداری شده در شرایط بسته بندی معمولی اختلاف معنی داری از نظر نرمی بافت با نمونه های نگهداری شده در بسته بندیMAP نداشته ($p>۰/۰۵$) اگرچه در بسته بندیMAP امتیاز این پاسخ اندکی بالاتر بود. در مورد تأثیر دمای نگهداری نیز این نتیجه حاصل شد که اختلاف معنی داری بین دماهای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتیگراد از نظر این پارامتر وجود نداشت، در حالیکه با افزایش دمای نگهداری تا مقدار ٤٠ درجه سانتیگراد افت معنی داری در امتیاز نرمی بافت نمونه های کیک حاصل گردید که به دلیل کاهش رطوبت و فعالیت آبی در این دما و در نتیجه افزایش سفتی بافت نمونه ها می باشد (جدول ۲). بررسی اثر زمان نیز نشان داد که گذشت زمان نگهداری تأثیر منفی بر نرمی بافت نمونه ها داشت بطوریکه تا ۳ روز پس از نگهداری تغییر قابل توجهی در میزان این پاسخ مشاهده نگردید ولی با افزایش زمان تا ٦ روز افت معنی داری در نرمی بافت نمونه ها مشاهده گردید. نتایج اثرات متقابل نیز مؤید اثرات مستقل بود بدین معنی که نمونه های کیک که تحت شرایط MAP و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند در طول زمان نگهداری کمترین افت را از نظر نرمی بافت نشان داد و نمونه های نگهداری شده در بسته بندی معمولی که در دماهای بالاتر قرار داشت در طول زمان بویژه روزهای انتهای نگهداری بیشترین کاهش امتیاز حسی نرمی بافت را از نظر ارزیابان داشت (جدول ۲).

Table 2 Effect of storage condition on Sensory evaluation of low-calorie microwave baked cake

Overall acceptance			flavor			softness			aroma			
6	3	1	6	3	1	6	3	1	6	3	1	
4.10^{cd}	4.50^{b}	4.85^{a}	3.95^{f}	4.45^{bc}	4.85^{a}	4.45^{cd}	4.55^{c}	5^{a}	4.20^{fgh}	4.45^{cde}	4.85^{ab}	atm-20
3.50^{e}	3.95^{cd}	4.45^{b}	3.85^{f}	4.17^{de}	4.47^{b}	4^{f}	4.35^{de}	4.75^{b}	3.55^{k}	3.95^{ij}	4.45^{cde}	atm-30
3.05^{f}	3.50^{e}	4.05^{cd}	2.95^{h}	3.55^{g}	4.45^{bc}	3.05^{h}	3.55^{g}	4.05^{f}	3.75^{L}	3.47^{k}	4^{hij}	atm-40
4.05^{cd}	4.50^{b}	4.65^{ab}	4.50^{c}	4.45^{bc}	4.9^{a}	4.47^{cd}	4.50^{cd}	4.75^{b}	4.15^{hi}	4.55^{cd}	4.95^{a}	MAP-20
3.95^{cd}	4.15^{c}	4.45^{b}	$4^{e}f$	4.25^{cd}	4.75^{a}	4.25^{e}	4.50^{cd}	4.57^{bc}	3.90^{j}	4.25^{efg}	4.65^{bc}	MAP-30
3.15^{f}	3.90^{d}	4.15^{c}	3.45^{g}	4^{ef}	4.45^{bc}	3.55^{g}	4.05^{f}	4.55^{c}	3.50^{k}	4.05^{hij}	4.35^{def}	MAP-40

۳-٤-۳- طعم و مزه

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود با نگهداری نمونه های کیک کم کالری در بسته بندی معمولی امتیاز طعم و مزه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

محصول بطور معنی داری نسبت به نمونه شاهد و همچنین نمونه بسته بندیMAP کاهش نشان میدهد. البته لازم به ذکر است که امتیاز نمونه‌های بسته بندی معمولی نیز بالاتر از ٤ (٤/٤٥) بود که از نظر بازار پسندی قابل قبول می باشد. طبق نتایج بسته بندیMAP بهتر توانسته ویژگی های کیفی محصول را حفظ کند در نتیجه نمونه های نگهداری شده در این شرایط از نظر ارزیابان نیز امتیاز بالاتری دریافت کردند. گذشت زمان نگهداری و همچنین افزایش دمای نگهداری نیز تأثیر منفی بر ویژگی های طعم و مزه کیک داشت اگرچه مانند بسیاری از صفات دیگر اختلاف معنی داری بین دمای ۲۰ و ۳۰ درجه وجود نداشت و با افزایش دما به ٤٠ درجه سانتیگراد شدت تخریب عوامل ایجاد طعم بیشتر شده در نتیجه نمونه های کیک امتیاز حسی کمتری دریافت کردند. بنابراین در مجموع نمونه های نگهداری شده در بسته بندی معمولی که در دمای ٤٠ درجه سانتیگراد به مدت شش روز نگهداری شدند دارای کمترین امتیاز طعم و نمونه های نگهداری شده در MAP که در دمای ۲۰ درجه قرار گرفتند، بیشترین امتیاز طعم (٤/٩٥) را از نظر مصرف کنندگان داشتند (جدول ۲).

۳-٤-٤- پذیرش کلی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد (جدول ۱) که اثرات مستقل هر سه متغیر فرایند شامل نوع بسته‌بندی، دما و زمان نگهداری بر پذیرش کلی بافت نمونه های کیک تولید شده با مایکروویو معنی دار و مؤثر بود ($p<۰/۰۵$). نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که با فرض ثابت بودن سایر متغیرها، نمونه های کیک کم کالری بسته بندی شده در شرایط بسته بندی با هوای معمولی و MAP اختلاف معنی داری از نظر پذیرش کلی با هم نداشتند، اگرچه نمونه هایMAP تا حدودی بهتر بودند ولی در مجموع نسبت به نمونه اولیه (با امتیاز ۵) از امتیاز پذیرش کلی پایین تری برخوردار بودند (جدول۲). همانطور که اشاره گردید در مورد تک تک ویژگی های حسی مورد بررسی (شامل عطر و آروما، طعم و مزه و بافت) افزایش دما منجر به کاهش مطلوبیت این صفات می شد که در واقع مجموع این صفات پذیرش کلی محصول را نشان می‌دهند. بنابراین با افزایش دما از ۲۰ تا ٤٠ درجه سانتیگراد امتیاز پذیرش کلی نمونه ها از ٤/٤٥ تا ۳/٦۳ کاهش نشان داد که این اختلاف از نظر آماری معنی دار می باشد ($p<۰/۰۵$). زمان نیز اثری مشابه دمای نگهداری بر ویژگی های حسی داشت بدین معنی که با گذشت زمان امتیاز پذیرش کلی کاهش نشان داد که این تفاوت از نظر آماری معنی دار بود. در مجموع نتایج اثرات متقابل نیز مؤید این مطلب بود که نمونه‌های نگهداری شده در بسته بندیMAP که تحت دمای پایین قرار داشتند در طول زمان نگهداری کمترین افت را از نظر خصوصیات حسی (در مجموع پذیرش کلی) نشان دادند بطوریکه با نگهداری نمونه ها در این شرایط پس از گذشت شش روز نیز نمونه ها از خواص حسی قابل قبولی از نظر ارزیابان برخوردار بودند. یکی از فاکتورهایی که در پذیرش کلی نمونه های محصول مؤثر می باشد طعم و مزه آن است. بنابراین هر عاملی که منجر به کاهش طعم و مزه محصول نهایی شود یا اینکه سبب ایجاد طعم های نامطلوب در محصول شود در نهایت پذیرش کلی نمونه ها را از نظر مصرف کننده کاهش میدهد اگرچه دیگر پارامترهای حسی محصول مانند بافت، رنگ و غیره را افزایش دهد. Sciarini و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کرد درک سفتی بافت بر درک طعم مؤثر است. به عبارت دیگر زمانی که مصرف کننده سفتی بافت را درک می کند از حس و درک شیرینی و آرومای آن غفلت میکند[٤٠]. نتایج این تحقیق نیز مؤید این مطلب می باشد بدین معنی که با افزایش دما و زمان نگهداری به دلیل کاهش رطوبت و افزایش سفتی بافت نمونه های کیک کم کالری، از طعم و مزه نمونه ها و در نتیجه پذیرش کلی آن ها کاسته شد.

۳-۵- تعیین پارامترهای سنتیکی ماندگاری کیک کم کالری و تخمین زمان ماندگاری آن

برای تعیین زمان ماندگاری محصول با استفاده از داده های بدست آمده حین انجام آزمایشات برای رطوبت کیک کم کالری تولیدی با مایکروویو در شرایط نگهداری هوای معمولی و اتمسفر اصلاح شده، پارامترهای سنتیکی واکنش افت کیفیت محصول با استفاده از روش ASLT محاسبه شد و زمان ماندگاری کیک تولیدی با روش مایکروویو در دماهای مختلف محاسبه گردید.

۳-۵-۱- تعیین درجه واکنش

بر اساس پژوهش های انجام شده واکنش تغییرات رطوبت در طول زمان نگهداری، از نوع درجه صفر می باشد[۱۰و ۳۰].وجود رابطه خطی بین شاخص اندازه گیری شده و زمان و همچنین میزان R^2 بالای این مدل درجه صفر ($R^2>0.85$) نیز مؤید این مطلب می باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

$$M = M_0 - Kt$$

رابطه (۱)

در این رابطه M_0 و M به ترتیب مقدار اولیه پارامتر مورد نظر (رطوبت) و مقدار آن بعد از گذشت زمان t می باشد. k نیز ثابت سرعت واکنش می باشد که با استفاده از معادله آرنیوس بدست می آید.

تعیین ثابت سرعت واکنش (K): معادله آرنیوس جهت پیش بینی ثابت سرعت واکنش تغییرات رطوبت در رطوبت کیک کم

$$K = K_0 \exp(\frac{-Ea}{RT})$$

کالری تولیدی با مایکروویو در شرایط نگهداری هوای معمولی و اتمسفر اصلاح شده (MAP)،مورد استفاده قرار گرفت.

رابطه (۲)

در این رابطه K_0یک عامل پیش نمایی (عرض از مبدأ در رابطه خطی)، Ea انرژی فعال سازی بر حسب کیلوژول بر مول درجه کلوین (kj/mole.k)، R ثابت جهانی گازها معادل ۸/۳۱٤ کیلوژول بر مول درجه کلوین، T دمای مطلق بر حسب درجه کلوین و K ثابت سرعت وابسته به دمای واکنش می باشد. برای محاسبه ثابت سرعت واکنش های مختلف در هر درجه حرارت، بر اساس رابطه آرنیوس رابطه خطی بین شاخص رطوبت و زمان تعیین می شود. شیب خط حاصل در هر درجه حرارت، ثابت سرعت واکنش مورد نظر در همان درجه حرارت می باشد (جدول ۳).

Table 3 Reaction rates constant (K 1 / day) for moisture changes in different storage conditions of low-calorie microwave baked cake

Storage / temperature°C conditions	20	30	40
Air packaging	0.01465	0.02047	0.0280
MAP packaging	0.01167	0.01264	0.01363

۳-٦- پیش بینی زمان ماندگاری کیک بر اساس تغییرات سنتیکی رطوبت به روش ASLT

بر اساس استاندارد ملی ایران با شماره ۲۵۵۳ حداقل مجاز رطوبت موجود در کیک ۱۵ ٪ می باشد[٤۱]. با بررسی داده های حاصل از انجام آزمایشات و برازش آن با معادله سنتیکی درجه صفر (رابطه ۱)، زمان ماندگاری کیک کم کالری تولید شده با مایکروویو توسط رابطه ۳ در دماهای مختلف محاسبه گردید که نتایج در جدول ٤ آورده شده است.

رابطه(۳)

$$t = \frac{M_0 - M}{K}$$

همانطور که مشاهده می شود با افزایش دمای نگهداری از ۲۰ درجه تا ٤۰ درجه سانتیگراد عمر ماندگاری محصول نهایی کاهش یافت، بنابراین بیشترین زمان نگهداری مربوط به دمای ۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد که برای نمونه های نگهداریشده در شرایط معمولی و شرایط MAP به ترتیب برابر ۲۱ و ۲۸ روز می باشد. طبق نتایج بدست آمده نگهداری محصول در بسته بندیMAP عمر ماندگاری کیک تولیدی را به طور قابل توجهی افزایش داده است. از طرفی ذکر این نکته قابل توجه است که کیک تولید شده در این پژوهش حاوی مقدار ناچیزی چربی می باشد بنابراین از اندیس های فساد اکسیداتیو مانند عدد پراکسید و عدد اسیدی نمی‌توان برای پیش بینی زمان ماندگاری آن استفاده کرد. در تحقیقاتی مشابه Garciaو همکاران (۲۰۰۷) جهت تخمین عمر ماندگاری زیتون‌های رسیده به عنوان تابعی از سفتی، رنگ و اسیدیته، آزمون تسریع شده عمر ماندگاری را بکار بردند و مشاهده نمودند که تغییرات در شاخص‌های ارزیابی شده از یک سینتیک مرتبه اول ظاهری پیروی می‌کند[٤۲]. مدل آرنیوس برای ارزیابی آسیب گرمایی و اکسایشی طی نگهداری گوجه فرنگی فرایند شده [٤۳] و برای پیش‌بینی عمر ماندگاری آرد ذرت نگهداری شده در دمای۲۵°C مورد استفاده قرار گرفته است [٤٤]. به طور کلی در مورد مواد غذایی، وابستگی بیشتر واکنش‌ها به دما می‌تواند توسط مدل آرنیوس بیان شود [٤۵].

Table 4 Estimation of the shelf-life (in terms of days) of low-calorie cake in air and MAP packing and at various temperatures

40°C	30°C	20°C	Storage / temperature conditions
11	15	21	Air packaging
22	25	28	MAP packaging

٤- نتیجه گیری کلی

رشد کپک و بیاتی دو مشکل عمده در مدت ماندگاری محصولات پخت با رطوبت بالا و رطوبت متوسط می باشد. کیک بعد از پخت عاری از کپکها و باکتریهای زنده است، اما

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

به دلیل داشتن رطوبت و pH مناسب، محیط خیلی خوبی برای رشد کپک به شمار می رود. یکی از جدیدترین روشهای بسته بندی در دسترس که امروزه به طور وسیعی در بسیاری از انواع محصولات غذایی برای جلوگیری از فساد میکروبی و تسریع بیاتی استفاده میشود، به عنوان بسته بندی اتمسفر اصلاح شده (MAP) شناخته شده است. این تکنیک بسته بندی از طریق تغییر و اصلاح مقادیرگازهای اتمسفری احاطه کننده ماده غذایی قادر به گسترش قابل توجه زمان ماندگاری محصولات می شود. نتایج این تحقیق نشان داد که بسته بندیMAP تأثیر معنی داری بر حفظ خصوصیات حسی و فیزیکوشیمیایی کیک کم کالری تهیه شده به روش مایکروویو می گذارد. بسته بندی MAP با جلوگیری از افت بیشتر رطوبت محصول نهایی توانسته است بیاتی کیک کم کالری را به تاخیر بیندازد که علت این امر احتمالاً ترکیب دی اکسید کربن با مکان های قابل دسترس آمیلو پکتین و بلوکه شدن آن و در نتیجه کاهش پیوند هیدروژنی بین شاخه های آمیلو پکتین میباشد. همچنین مشخص شد کیک های نگهداری شده در دماهای پایین تر و بسته بندیMAP نیز در طول زمان نگهداری از خواص حسی مطلوب تری برخوردار بودند. نتایج سنتیکی نیز نشان داد که با افزایش دمای نگهداری از ۲۰ درجه تا ٤٠ درجه سانتیگراد عمر ماندگاری محصول نهایی کاهش یافت، بنابراین بیشترین زمان نگهداری مربوط به دمای ۲۰ درجه سانتیگراد می باشد که برای نمونه های نگهداری شده در بسته بندی معمولی و بسته بندیMAP به ترتیب برابر ۲۱ و ۲۸ روز محاسبه گردید. طبق نتایج بدست آمده نگهداری کیک کم کالری پخته شده به روش مایکروویو در بسته بندیMAP عمر ماندگاری آن را به طور قابل توجهی افزایش داده است.

۵- منابع

[1] Frye AM and Setser CS., 1992, Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes, Cereal Chemistry 69: 338-343.

[2] Yang, Q., Sun, D.-W., & Cheng, W. (JAN 2017). Development of simplified models fornondestructive hyperspectral imaging monitoring of TVB-N contents in curedmeat during drying process. Journal of Food Engineering, 192, 53e60.

[3] Pu, Y.-Y., & Sun, D.-W. (FEB 2016a). Prediction of moisture content uniformity ofmicrowave-vacuum dried mangoes as affected by different shapes using NIRhyperspectral imaging. Innovative Food Science &Emerging Technologies, 33,348e356.

[4]Lin SD, Hwang CF and Yeh CH., 2003, Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose, Journal of Food Science 68(6): 2107-2110.

[5] Jekle, M., & Becker, T. (2011a). Dough microstructure: Novelanalysis by quantification using confocal laser scanningmicroscopy. Food Research International, 44, 984–991.

[6] Jekle, M., & Becker, T. (2011b). Implementation of a novel tool toquantify dough microstructure. Procedia Food Science, 1, 1–6.

[7]Bousquieres, J., Deligny, C., Riaublanc, A., & Lucas, T. (2014). CLSM study of layers in laminated dough: Roll out of layersand elastic recoil. Journal of Cereal Science, 60, 82–91.

[8] Ronda F, Gamez M, Blanco CA and Caballero PA., 2005, Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes, Food Chemistry 90(4): 549-555.

[9] Zoulias EI, Piknis S and Oreopoulou V, 2000. Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies, Journal of the Science of Food and Agriculture 80(14): 2049-2056.

[10] Seyhun, N., Sumnu, G., Sahin, S., 2003, Effects of different emulsifier types, fat and gum types on retardation of staling of microwave-baked cakes. Food/Nahrung, 42:248-252.

[11] Wray, D., & Ramaswamy, H. S. (2015b). Novel concepts in microwave drying offoods. Drying Technology, 33(7), 769e783.

[12] Sumnu, G.,Datta,A. K., Sahin, S., Keskin, S. O., & Rakesh,V.(2007).Transportand related properties of breads bake dusing various heating modes. Journal ofFood Engineering, 78, 1382e1387.

[13] Sumnu, G., & Sahin, S. 2005. The microwave processing of foods. InH. Schubert, & M. Regier (Eds.), Baking using microwave processing(pp. 119–141). Cambridge: CRC Press.

[14] Curet, S., Rouaud, O., & Boillereaux, L. (2014). Estimation of dielectric properties offood materials during microwave

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[26] IFST.,1993, Shelf life of foods, Guidelines for its determination and prediction, Institute of food science and technology, London, UK.
[27] Ellis, M.J. and Man, C.M.D., 2000, The methodology of shelf life determination. In Shelf life evaluation of foods, 2nd ed. (EDS). D.Man and A.Jones, Aspen publication, Gaithersburg, M.D, pp.23-33.
[28] Mizrahi, S., 2004, Accelerated shelf-life tests. In R. Steele (Ed.), Understanding and measuring the shelf-life of food (pp. 318-339). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
[29] Labuza, R.P. and Schmidl, M.K., 1985, Accelerated shelf life testing of foods. Food Technology. 39(9),57.
[30] Nazari, Z., Sedaghat, N., Koocheki, A. (2017), The modeling and optimization of textural and physicochemical properties of low-calorie microwave baked cake by using response surface methodology (RSM), Food science and technology, 14(63):302-289. (In Persian).
[31] Guynot, M.E. et al., 2004, Modified Atmosphere Packaging for Prevention of Mold Spoilage of Bakery Products with Different pH and Water Activity Levels. Journal of Food Protection, Vol.66, No. 10: 1864-1872.
[32] AACC, 2000, Approved methods of the American of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
[33] Roa, V and Tapia, D.D., 1991, Evaluation of water activity measurement with a dew point electronic humidity meter. Lebensmwiss. Technol., 24(3): 208-213.
[34] Rajabzadeh, N., 1991, Iranian Flat Bread Evaluation. Pp:1-50, Iranian Cereal and Bread Research Institute, publication no. 71, Tehran, Iran.
[35] Sedaghat, N., Mortazavi, A. (2003), Modeling conditions for dry pistachio storage and packaging. PhD thesis. Ferdowsi university of mashhad.
[36] Hematian, A., Ghiafeh davoudi, M., Tabatabaei, F., Mortazavi, A., Karimi, M., Razavizadeh., H., Pourfarzad., A. (2012). Studies on the effect of packaging type and modified atmosphere on properties of barbari bread fortified with whole soy flour, Food science and technology, 9(36):77-85. (In Persian).
tempering and heating. Food and BioprocessTechnology, 7(2), 371e384.
[15] Chong, C. H., Figiel, A., Law, C. L., & Wojdy³o, A. (2014). Combined drying of applecubes by using of heat pump, vacuum-microwave, and intermittent techniques.Food and Bioprocess Technology, 7(4), 975e989.
[16] Shafie, M., Yarmand, M.S., Emam Djomeh, Z. (2016), Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of barbari and sangak as Iranian popular breads. Food science and technology, 13(50):121-131. (In Persian).
[17] Leistner, L., 1992, Food preservation by combined methods. Food Res. Int. 25:151–158.
[18] Daniels, J. A., R. Krishnamurthi, and S. S. H. Rizvi., 1985, A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. J. Food Prot. 48:532–537.
[19] Latou, E., Mexis, S. F., Badeka, A. V., & Kontominas, M. G. (2010). Shelf life extensionof sliced wheat bread using either an ethanol emitter or ethanol emittercombined with an oxygen absorber as alternatives to chemical preservatives.Journal of Cereal Science, 52, 457e465.
[20] Knorr, D. and Tomlins, R. I.,1985, Effectof carbon dioxide modified atmosphere on thecompressibility of stored baked goods. Journalof Food Science. 50: 1172-1176.
[21] Avital, Y., Mannheim, C. H., Miltz, J., 1990, Effect of carbon dioxide atmosphere onstaling and waterrelations in bread. Journal ofFood Science. 55(2), 413-416.
[22] Rasmussen, P. H., Hansen, A., 2000,Staling of wheat bread stored in modifiedatmosphere. Lebensmittel-Wissenchaft &Technologie. 34: 487-491.
[23] Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. 2004. Shelflife and safety concerns of bakery products – a review. Critical Reviews in FoodScience and Nutrition, 44(1), 19–55.
[24] El Halouat, A., and J. M. Debevere., 1997., Effect of water activity, modied atmosphere packing and storage temperature on spore germination of moulds isolated from prunes. Int. J. Food Microbiol. 35: 41–48.
[25] Ortola, C., and C. Santacreu., 1998, Principios de aplicacio´n del envasado en atmo´sfera modi. cada a los productos de pani. cacio´n y boller‡´a. Aliment. Equip. Tecnol. 17:111–117.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[37] Smith, J. P., S. Khanizadeh, F. R. van de Voort, R. Hardin, B. Ooraikul, and E. D. Jackson. 1988. Use of response surface methodology in shelf life extension studies of a bakery product. Food Microbiol.5:163–176.

[38] Abbasi S, and Rahimi S., 2007, Introduction of an unknown local plant gum: Persian gum (zedu gum). Flour and Food Industry Magazine 4, 42-51.

[39] Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., and Perez, G. T., 2012, Incorporation of several additives into gluten free bread: Effect on dough properties and bread quality. Journal of Food Engineering, 111(4): 590-579.

[40] Seyhun, N., Sumnu,G., Sahin,S., 2005, Effects of different starch types on retrogradation of staling of microwave baked cakes, Food and Bioproducts Processing, 83(C1): 1–5.

[41] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2008), Cake, Specification and test methods. Iranian National Standard No.2553. (In Persian).

[42] Garcia, P., Lopez-Lopez, A., & Garrido-Fernandez, A., 2007, Study of the shelf life of ripe olives using an accelerated test approach. Journal of FoodEngineering. 84(4), 569-575.

[43] Giovanelli, G. and Lavelli, V., 2002, Evaluation of heat and oxidative damage during storage of processed tomato products. I. Study of heat damage indices. Journal of the Science of Food and Agriculture. 82(11): 1263-1267.

[44] Lopez-Duarte, A. L., & Vidal-Quintanar, R. L., 2009, Oxidation of linoleic acidas a marker for shelf life of corn flour. Food Chemistry. 114(2), 478-483.

[45] Roos, Y. H., 2001, Water Activity and Plasticization. In N. A. M. Eskin, & D. S. Robinson (Eds.), Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical, and Microbiological Changes (pp. 15–48). Boca Raton, Florida: CRC Press LLC

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

The effect of modified atmosphere packaging on shelf life of low-calorie cake cooked by microwave and estimate the shelf life of the final product using ASLT

Nazari, Z. [1*], Sedaghat, N. [2]

1. Food Quality and Safety Research Department, Food Science and Technology Research Institute, ACECR, Khorasan Razavi Branch, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

(Received: 2017/12/26 Accepted:2018/04/22)

Considering that one of the main reasons for the loss of moisture and staling of flour products, is lack of correctly storage and packaging of this products. So in this study, the use of modified atmosphere packaging to extend the shelf life of sponge cake produced by microwave were studied. Independent variables include the type of packaging process (normal air and MAP), temperature (20, 30 and 40 C) and storage time (1, 3 and 6 days) was studied in a completely randomized design based on a factorial. The results showed that moisture loss in cake samples were kept in MAP was lower than normal air packaging, as a result cake was a softer texture.Cake samples stored in MAP packaging has higher water activity than samples were packed in the normal air packaging. While increase in storage time and temperature led to reduce the moisture and water activity content and increased the firmness of the final product. The results of kinetic parameters determined by ASLT metod also indicated that the highest shelf life was related to 20 °C, which for the products stored in the normal air and MAP packaging was 21 and 28 days respectively. In general, according to the results of this study, maintenance the cake in MAP packing at ambient temperature increased considerably shelf life of the final product.

Keywords: MAP Packaging, Cake, Microwave, Staling, ASLT.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

* Corresponding Author E-Mail Address: nazari@jdm.ac.ir