بهینه‌سازی پوشش‌دهی در کیک‌های فاقد گلوتن غنی‌شده با بتاکاروتن با روش سطح پاسخ

زینب بهاری[۱]، داود زارع[۲*]، سارا موحد[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده زیست فناوری, سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران
۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

چکیده

در بیماری سلیاک فرد مبتلاقادر به هضم گلوتن موجود در مواد غذایی نیست. بتاکاروتن یکی از قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های قابل حل در چربی بوده‌و پیش‌ساز ویتامین A است. غنی‌سازی کیک‌های فاقد گلوتن با بتاکاروتن و افزایش ماندگاری بتاکاروتن در اثر پوشش‌دهی می‌تواند موجب بهبود کیفی تغذیه این بیماران و حتی افراد سالم گردد. در این پژوهش با استفاده از ارزیابی حسی تاثیر پوشش‌دهی و افزودن بتاکاروتن به کیک‌های بدون گلوتن بررسی شد و در ادامه شرایط پوشش‌دهی و غنی‌سازی این کیک‌ها بهینه‌سازی شد. ابتدا ٤ پوشش خوراکی شامل آلژینات، زانتان، نشاسته ذرت و کازئینات سدیم (۱٪) روی کیک‌های بدون گلوتن پوشش داده شد و از نظر حسی ارزیابی شد. در مرحله دوم بتاکاروتن در داخل کیک و یا در داخل دو بیوپلیمر کازئینات سدیم و نشاسته ذرت اضافه شد و مورد ارزیابی حسی قرار گرفت. بر اساس نتایج، کیک حاوی بتاکاروتن با پوشش نشاسته ذرت برای ادامه مراحل پژوهش انتخاب شد. سپس نمونه انتخاب شده، از نظر غلظت بیوپلیمر و دمای خشک کردن با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) بهینه‌سازی شد. بر اساس نتایج، غلظت ۲/۲٪ نشاسته ذرت و دمای خشک کردن ٤۲ درجه سانتی‌گراد به عنوان نقطه بهینه انتخاب شد. سپس، ماندگاری بتاکاروتن در نمونه پوشش‌داده شده در شرایط بهینه بررسی شد. نتایج نشان داد کاهش بتاکاروتن در نمونه پوشش‌دار از زمان صفر تا روز دهم به میزان قابل توجهی کمتر از نمونه شاهد در همین مدت زمان بود. بنابراین پوشش ۲/۲٪ نشاسته ذرت می‌تواند ماندگاری بتاکاروتن را در داخل کیک در مدت زمان نگهداری افزایش دهد.

کلید واژگان: کیک بدون گلوتن، پوشش‌دهی، بیوپلیمر، غنی‌سازی، بهینه‌سازی

* مسئول مکاتبات: zare@irost.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

۱- مقدمه

امروزه با پیشرفت و توسعه در صنعت‌های مختلف از جمله صنایع غذایی و گسترش جوامع، نیازهای انسانی در راستای این توسعه ارتقا داشته است. از آنجایی که غذا یکی از نیازهای اولیه و اساسی بشر بوده و هست، صنایع غذایی از گسترده‌ترین و متنوع‌ترین و پرطرفدارترین صنعت‌ها در سراسر جهان به شمار می‌رود. به‌دلیل گسترش روزافزون این صنعت و برای جلوگیری از افزودن مواد یا افزودنی‌ها که بسیاری از آنها اورگانیک نبوده و ممکن است برای مصرف‌کنندگان مخاطره‌آمیز باشند، بیشتر تولیدکنندگان به دنبال راه‌حل‌هایی جهت تولید مواد غذایی اورگانیک و عملگرا هستند تا هم ضمانت‌کننده‌ی سلامت مصرف‌کنندگان و هم جمعیت آنها باشد. مواد غذایی عملگرا به مواد غذایی اورگانیک ساده‌ای گفته می‌شود که با مواد مغذی مانند پروبیوتیک‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و ویتامین‌ها در جهت ارتقاء سلامت و درمان بیماری‌ها غنی شده‌اند. مطالعات اپیدمیولوژی نشان داده است که مصرف غذاهای عملگرا یا فعال سبب کاهش خطر ابتلا به سرطان، بهبود سلامت قلب، تحریک سیستم ایمنی، کاهش فشار خون، کاهش خطر ابتلا به استئوپروز و جلوگیری از افزایش وزن و چاقی می‌شود. پیشرفت‌های علمی و دستیابی به نتایج قابل توجه سبب گردیده است تا مصرف‌کنندگان نیز به نقش غذاها در بهبود کیفیت زندگی، طول عمر و پیشگیری از بیماری‌های سرطان، قلبی و عروقی و حتی جلوگیری از پیشرفت مراحل این بیماری‌ها علاقه‌مند شوند[۱]. از آنجایی که بیشتر بیماری‌ها از جذب و دفع نادرست مواد به ویژه مواد غیر اورگانیک در دستگاه گوارش که یکی از وسیع‌ترین و بزرگ‌ترین ارگان‌های بدن است نشأت می‌گیرند، نقش سلامت مواد غذایی در این زمینه پررنگ‌تر می‌شوند. ترکیباتی نظیر برخی آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و املاح معدنی نیز قادرند با اثرات مضر اما طبیعی فرآیند فیزیولوژیک اکسیداسیون در بافت‌ها مقابله کرده و سلول‌های بدن را در برابر رادیکال‌های آزاد محافظت کنند. آنها با افزودن برخی از اجزایشان به رادیکال‌های آزاد، این ترکیبات سمی را که از خوراکی‌های سرخ کردنی و مواد دیگر ایجاد می‌شوند، تثبیت و غیرفعال می‌کنند. بتاکاروتن نیز از خانواده کاروتنوئیدها بوده و یک آنتی‌اکسیدان است. این آنتی‌اکسیدان از بیماری‌های چشمی، قلبی و انواع سرطان پیشگیری می‌کند و از طرفی پیش‌ساز ویتامین‌آ نیز می‌باشد[۲].

یکی از بیماری‌هایی که رژیم غذایی در درمان آن نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند بیماری سلیاک است. افراد مبتلا به این اختلال قادر به جذب گلوتن موجود در غلات نیستند و در صورت عدم رعایت رژیم غذایی مناسب، در مراحل پیشرفته‌ی بیماری سطح جذب و فلور میکروبی دستگاه گوارش از بین رفته و فرد قادر به جذب مواد مغذی مورد نیاز بدن نیست. عوارض همراه با سلیاک درمان نشده شامل استئوپروز، کارکرد مختل طحال، ناباروری یا سقط مکرر و سرطان است. بررسی‌ها نشان می‌دهد شیوع این بیماری در ایران نه تنها نادر نمی‌باشد بلکه در مقایسه با دیگر کشورها شیوع بالاتری داشته است. شیوع این بیماری در زنان ۱/۵ تا ۲ برابر بیشتر از شیوع در مردان است. برای جلوگیری از تشدید این بیماری معمولا مواد غذایی دارای گلوتن از رژیم غذایی این بیماران حذف می‌شود. از طرف دیگر به دلیل آسیب‌های جدی سیستم گوارش، غنی‌سازی مواد غذایی مورد مصرف توسط این بیماران از اهمیت خاصی برخوردار است.

یکی از پرمصرف‌ترین مواد غذایی کیک‌ها هستند که در ارتباط با افراد مبتلا به سلیاک کیک‌های بدون گلوتن مصرف بیشتری دارند. کیک نوعی شیرینی با بافت مخصوص است و از محصولاتی است که به سبب طعم مناسب، ارزش غذایی بالا و سهولت مصرف، کاربرد زیادی دارد. بنابراین می‌توان کیک‌ها را با مواد مغذی غنی کرده و محصول غذایی عملگرا و پرمصرفی را تولید کرد. بنابراین کیک‌ها بهترین انتخاب جهت تولید غذای عملگرا هستند. کیک‌ها می‌توانند به عنوان یک ماده غذایی پایه جهت تولید مواد غذایی عملگرا محسوب شوند. جهت غنی‌سازی کیک‌ها می‌توان آنها را با آنتی‌اکسیدان‌هایی نظیر بتاکاروتن غنی‌سازی نموده و سپس پوشش داد. بتاکاروتن از طرفی به عنوان پیش‌ساز ویتامین‌آ باعث غنی شدن کیک‌های بدون گلوتن می‌شود و از طرف دیگر به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی و یک ماده ضد سرطان کمک شایانی به پیشگیری از برخی بیماری‌ها نظیر انواع سرطان در بیماران سلیاکی که مستعد ابتلا به این بیماری‌ها هستند، می‌نماید. درهرحال ترکیباتی نظیر بتاکاروتن نسبت به اکسیژن و نور حساس بوده و اضافه کردن آنها به مواد غذایی باید با استفاده از روش‌های محافظتی نظیر پوشش‌دهی همراه گردد. یکی از پرکاربردترین مواد مورد استفاده در امر پوشش‌دهی استفاده از پلیمرهای خوراکی است. پلیمرهای خوراکی نقش بسیار کارآمدی را درحفظ مواد فرار و حساس مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، رنگ‌ها، میکروارگانیسم‌ها و غیره بازی می‌کنند. مواد مغذی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

می‌توانند به شکل محلول یا پودری داخل بیوپلیمرها قرارگرفته و به صورت پرکردن داخل مواد غذایی و یا به شکل پوشش روی مواد غذایی جامد با روش‌های گوناگون قرار گیرند[۳]. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش غنی‌سازی کیک‌های فاقد گلوتن با بتاکاروتن و تاثیر پوشش خوراکی در حفظ بتاکاروتن به عنوان یک ماده حساس به اکسیژن، نور و حرارت در مدت زمان نگهداری است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه کیک بدون گلوتن برنجی

برای تهیه کیک برنجی ابتدا در یک ظرف مناسب سفیده دو عدد تخم‌مرغ با استفاده از همزن الکتریکی مخلوط شد تا کاملاً کف کند. در ظرفی دیگر یک زرده تخم‌مرغ، ۱۰۰گرم کره و ۱۰۰ گرم پودر شکر با همزن مخلوط گردید و در نهایت تمام مواد همراه با ۲۵۰ گرم آرد برنج با هم مخلوط شده و خمیر به مدت ۲۰ دقیقه ورز داده شد. پس از آن خمیر به مدت ۲٤ ساعت در دمای اتاق رها شد تا بافت آن منسجم‌تر شود. بعد از ۲٤ ساعت خمیر به دایره‌های ۱٤ گرمی شکل داده شد و کیک‌ها در دمای ۱۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه پخته شد.

۲-۲- پوشش‌دهی کیک‌ها و آماده‌سازی آنها جهت ارزیابی حسی (مرحله اول)

یکی از مهم‌ترین فاکتورها در انتخاب یک پوشش مناسب برای پوشش‌دهی محصولات غذایی پذیرش مصرف‌کنندگان است. ممکن است برخی پوشش‌ها از قابلیت‌های خوبی برخوردار باشند اما در صورتی که قابل پذیرش برای مصرف‌کنندگان نباشد قابل استفاده نخواهد بود. به همین دلیل در اولین مرحله سعی شد با ارزیابی حسی میزان پذیرش این محصولات به صورت پوشش‌داده شده بررسی گردد.

جهت آماده‌سازی کیک‌های فاقد گلوتن پوشش‌داده شده با بیوپلیمر به شکل ذیل عمل شد. ابتدا برای ساخت محلول ۱٪ بیوپلیمر، ۱ گرم از پودر بیوپلیمر مورد نظر شامل پودر آلژینات، زانتان، نشاسته ذرت و کازئینات سدیم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و محلول در اتوکلاو (ایران/ شرکت ایران طب) به مدت ۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه‌ی سانتی‌گراد استریل شد. سپس به وسیله قلموی آشپزخانه و به شکل براشینگ سطح بیرونی کیک‌ها پوشش‌داده شدند. یک نمونه بدون پوشش نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سپس کیک‌های پوشش‌داده شده برای مدت ۸ دقیقه در دمای۵۰ درجه سانتی‌گراد در آون (شرکت شیمی فن/ ساخت ایران) قرار داده شدند تا رطوبت اضافی آنها گرفته شود. پس از خشک شدن، کیک‌ها داخل فویل آلومینیومی بسته‌بندی شدند.

پس از پوشش‌دهی کیک‌ها با بیوپلیمرها، همه کیک‌ها از نظر طعم، رنگ، بو و بافت با استفاده از آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند تا بیوپلیمری انتخاب شود که تأثیر مناسبی بر روی کیک از نظر ارزیابان ایجاد کند و یا حداقل بتواند با کیک‌های بدون پوشش برابری نماید. نمونه-های تهیه شده برای ارزیابی مرحله اول در جدول ۱ نشان داده شده است.

ارزیابی حسی بین ۱۵ ارزیاب غیرحرفه‌ای انجام شد. از آنها خواسته شد بین هر نمونه قدری آب بنوشند تا طعم نمونه قبلی تأثیری روی نمونه‌ی بعدی نداشته باشد. ارزیاب‌ها دارای حس گرسنگی و سیری زیاد نبودند.

Table 1 Formulation of coated cakes with different biopolymers for evaluation in hedonic test

Test NO.	Feature
1	Gluten free cake coated with 1% sodium caseinate solution
2	Gluten free cake coated with 1% xanthan solution
3	Gluten free cake coated with 1% sodium alginate solution
4	Gluten free cake coated with 1% corn starch solution
5	Control (no coating)

۲-۳- ارزیابی پذیرش بتاکاروتن در کیک‌های بدون گلوتن پوشش داده شده (مرحله دوم)

هدف اصلی در این پژوهش اضافه کردن بتاکاروتن به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی به کیک‌های بدون گلوتن بود. در مورد بتاکاروتن هم امکان اضافه کردن آن در داخل خمیر کیک و هم امکان اضافه کردن آن به داخل پوشش بیوپلیمری وجود دارد. بنابراین در مرحله دوم از ارزیابی حسی، بتاکاروتن (شرکت DDW/آمریکا) به دو شکل به کیک ها اضافه شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. در یک حالت بتاکاروتن به داخل پوشش بیوپلیمری اضافه شد. در این حالت ابتدا ۰/۲۸ میلی‌گرم بتاکاروتن محلول در روغن به دو بیوپلیمر با غلظت ۱٪

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

نشاسته‌ی ذرت (اکتیو/ایران) و یا کازئینات سدیم (اکتیو/ایران) که از مرحله قبل انتخاب شده بودند اضافه شد. سپس محلول مورد نظر به روش براشینگ بر روی کیک‌ها پوشش‌داده شدند. درحالت دوم، بتاکاروتن به داخل خمیر کیک اضافه شد. به این ترتیب هر کیک ١٤ گرمی حاوی ٢/٥ میلی‌گرم بتاکاروتن بود. کیک‌هایی که در آنها بتاکاروتن به صورت مستقیم به کیک اضافه شده بود نیز با دو نوع بیوپلیمر ١٪ کازئینات سدیم و نشاسته‌ی ذرت به صورت مشابه پوشش‌داده شدند. دو نمونه کیک فاقد بتاکاروتن نیز با دو نوع بیوپلیمر کازئینات سدیم و نشاسته‌ی ذرت پوشش‌داده شدند و کیک‌های بدون پوشش و بدون بتاکاروتن نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند.

در این مرحله نیز ارزیابی حسی بین ١٥ ارزیاب غیرحرفه‌ای انجام شد. از آنها خواسته شد بین هر نمونه قدری آب بنوشند تا طعم نمونه قبلی تأثیری روی نمونه‌ی بعدی نداشته باشد. ارزیاب‌ها دارای حس گرسنگی و سیری زیاد نبودند. ترتیب نمونه‌ها در ارزیابی حسی مرحله دوم در جدول ٢ نشان داده شده است.

Table 2 Formulation of coated cakes contain beta-carotene in biopolymer or inside of cake for evaluation in hedonic test

Test NO.	Feature
1	Gluten free cake coated with 1% corn starch solution
2	Gluten free cake coated with 1% sodium caseinate solution
3	Gluten free cake coated with 1% corn starch solution contain 0.28 mg Beta-carotene
4	Gluten free cake coated with 1% sodium caseinate solution contain 0.28 mg Beta-carotene
5	Gluten free cake contain 2.5 mg Beta-carotene coated with 1%corn starch solution
6	Gluten free cake contain 2.5 mg Beta-carotene coated with 1%sodium caseinate solution
7	Control (no coating)

٢-٤- بهینه‌سازی

پس از این مرحله و انتخاب روش افزودن بتاکاروتن به کیک‌ها، با توجه به این‌که بیوپلیمر نشاسته برای پوشش‌دهی نهایی انتخاب گردید و از آنجا که در مراحل قبلی میزان حرارت مورد استفاده برای خشک کردن کیک‌ها و غلظت بیوپلیمر در انجام آزمایشات ثابت در نظر گرفته شده بود و هم‌چنین با توجه به تاثیر این دو فاکتور در میزان پایداری بتاکاروتن، در این مرحله این دو فاکتور مورد بهینه‌سازی قرار گرفتند. برای بهینه‌سازی از روش آماری سطح پاسخ یا Response Surface Methodology (RSM) استفاده شد که البته نیازی به انجام تکرار در این روش وجود ندارد. به این منظور دو فاکتور دمای خشک کردن و غلظت بیوپلیمر در دو سطح انتخاب گردید و پس از آن طراحی آزمایش با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب به روش Central Composite Design (CCD) طبق جدول شماره ٣ انجام گردید. پس از به دست آمدن تعداد و شرایط آزمایش توسط نرم‌افزار مینی‌تب، آزمایش‌ها به صورت همزمان انجام شد و مقدار بتاکاروتن باقی‌مانده در کیک به عنوان پاسخ در روز اول و روز هفتم مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ٣).

Table 3 Selected factors and levels for optimization using RSM

	Factors	
Test NO.	Biopolymer concentration (%)	Drying temperature(℃)
1	1.5	50
2	1	55
3	0.79	50
4	1.5	57
5	1.5	50
6	1.5	50
7	2	55
8	1.5	50
9	1.5	50
10	2.2	50
11	2	45
12	1	45
13	1.5	42

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

پس از انجام آزمایشات و تعیین نمونه‌ی بهینه، یک نمونه در شرایط بهینه آزمایش که توسط نرم‌افزار پیشنهاد گردیده بود با سه تکرار در کنار نمونه شاهد بدون بیوپلیمر مورد ارزیابی قرار گرفت و از نظر مقدار بتاکاروتن در روز صفر، روز سوم و دهم مقایسه شد تا میزان اثر بیوپلیمر بر روی ماندگاری بتاکاروتن در طول زمان نگهداری محصول مشخص گردد. نمونه شاهد در این مرحله کیک حاوی بتاکاروتن بدون پوشش بیوپلیمری بود.

۲-۵- روش اندازه‌گیری بتاکاروتن

برای اندازه‌گیری بتاکاروتن موجود در کیک‌ها، ابتدا کیک در یک هاون سنگی کاملاً پودر و یکنواخت گردید. سپس ۱ گرم از پودر به دست آمده در هاون کاملاً ساییده شد تا بتاکاروتن آن به طور کامل از بافت کیک جدا شود. محتوای هاون با ۱۰ میلی‌لیتر متانول خالص (دکتر مجللی/ایران) شسته شد و داخل یک لوله فالکون ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و سپس هاون با ۵ میلی‌لیتر دیگر متانول شسته شد تا کاملاً بتاکاروتن از سطح آن جدا شود. به محتوای فالکون ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰ میلی‌لیتر هگزان (دکتر مجللی/ ایران) اضافه گردید. پس از این مرحله نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه با دور ٦۰۰۰ rpm سانتریفوژ (Beckman/آمریکا) شد و محلول هگزان از قسمت بالای لوله‌ها جدا شد. در صورتی‌که در داخل رسوب مقداری رنگ باقی‌مانده باشد و به صورت رنگی دیده شود دوباره به لوله‌ها ۱۰ میلی‌لیتر هگزان اضافه گردید و کاملاً هموژن شد. سپس لوله‌ها سانتریفیوژ و فاز زرد رنگ (حاوی بتاکاروتن) در بالای لوله به محلول هگزان قبلی اضافه گردید. پس از آن میزان جذب محلول هگزان حاوی بتاکاروتن در طول موج ٤٥۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (WPA-Biochrom/ آمریکا) خوانده شد و مقدار بتاکاروتن به وسیله مقایسه با منحنی استاندارد بتاکاروتن تعیین گردید[٤].

۲-٦- اندازه‌گیری رطوبت کل و فعالیت آبی

رطوبت کل نمونه‌ها هم در روز صفر و هم در روز هفتم اندازه‌گیری شد تا تأثیر بیوپلیمر بر روی رطوبت موجود در کیک‌ها مشخص شود. برای تعیین رطوبت کل، یک کیک کامل ١٤ گرمی قبل از خشک کردن در آون خرد و وزن گردید. سپس کیک در دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ٢٤ ساعت در آون خشک شد و دوباره وزن شد. مقدار رطوبت کیک‌ها به وسیله فرمول زیر محاسبه شد[۵].

(معادله ۲-۱)

$$\text{watercontent} = \frac{wi - wf}{wi} \times ۱۰۰$$

wi= وزن نمونه قبل از آون

wf = وزن نمونه بعد از خشک شدن در آون

فعالیت آبی کیک‌ها نیز با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فعالیت آبی (aw سنج)(3TE,Decagon/USA) محاسبه شد.

۲-۷- آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب (Minitab) انجام شد. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (One way Anova) در سطح احتمالی ۵ درصد انجام گرفت. طراحی آزمایش برای بهینه‌سازی پوشش‌دهی با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب به روش Central Composite Design (CCD) و با دو متغیر مستقل شامل غلظت بیوپلیمر و دمای خشک کردن انجام پذیرفت. مقدار سطح پایین و بالا در نرم‌افزار برای غلظت بیوپلیمر به ترتیب ۱٪ و ۲٪ و برای دمای خشک کردن به ترتیب ٤٥ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها به صورت همزمان و در یک تکرار و به صورت کاملا تصادفی انجام شد. مقدار بتاکاروتن باقی‌مانده در کیک‌ها در روز اول و روز هفتم به عنوان متغیر وابسته مورد ارزیابی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج پوشش‌دهی کیک‌های بدون بتاکاروتن در ارزیابی حسی مرحله اول

نتایج ارزیابی حسی مرحله اول در جدول ٤ نشان داده شده است. در ارزیابی حسی مرحله‌ی اول اثر تغییر فاکتور نوع بیوپلیمر در پنج سطح شامل کیک پوشش‌داده شده با بیوپلیمرهای کازئینات سدیم، نشاسته‌ی ذرت، آلژینات سدیم، زانتان و نمونه‌ی شاهد (بدون پوشش) بر پاسخ‌های طعم، آروما، رنگ و بافت توسط آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون مقایسه Tukey بررسی شد. با توجه به جدول آنالیز واریانس، مقدار عدد P برای هر ۵ سطح بیوپلیمری بیشتر از ۰/۰۵ (P-value ≤ ۰/۰۵) بود. بنابراین پوشش‌های بیوپلیمری تفاوت معنی‌داری نسبت به ویژگی های طعم، بو، رنگ و بافت با یکدیگر و با نمونه‌ی شاهد نداشتند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

Table 4 The average of acceptance of samples in the first stage using five points hedonic test.

Taste rate	Aroma rate	Color rate	Tissue rate	Sample
$3/6^{a}\pm0.70$	$3/4^{a}\pm1$	$3/4^{a}\pm1$	$3/3^{a}\pm0.7$	Corn starch
$3/2^{a}\pm0.78$	$3/4^{a}\pm0.56$	$3/4^{a}\pm0.73$	$3/3^{a}\pm1.1$	Xanthan
$3/1^{a}\pm073$	$3/2^{a}\pm0.92$	$3^{a}\pm0.52$	$3^{a}\pm0.81$	Sodium caseinate
$2/9^{a}\pm0.99$	$3^{a}\pm0.63$	$2/7^{a}\pm0.81$	$2/6^{a}\pm0.87$	Sodium alginate
$2/9^{a}\pm1$	$3/1^{a}\pm0.51$	$3^{a}\pm0.86$	$2/9^{a}\pm0.91$	Control

Means within each row with different lower case are significantly ($P < 0.05$) different

همان‌طور که از نتایج می‌توان استنباط کرد، نشاسته‌ی ذرت بیشترین میانگین پذیرش را نسبت به ویژگی‌های بافت، طعم، بو و رنگ داراست. بیوپلیمر نشاسته‌ی ذرت نسبت به آلژینات، زانتان و کازئینات سدیم بافت لطیف‌تری دارد. این ماده در ساخت درصد بالایی از بیوفیلم‌ها جهت بهبود خواص مکانیکی پلاستیسایزرها به کار می‌رود. به دلیل لطافت بافت نشاسته ذرت می‌توان در ساخت بیوفیلم‌های نشاسته‌ای پلاستیسایزر به کار نبرد. میانگین درصد پذیرش زانتان و کازئینات سدیم نیز نسبت به هر چهار ویژگی در مقایسه با نشاسته‌ی ذرت بسیار نزدیک است. اما میانگین پذیرش پوشش آلژینات سدیم نسبت به ۳ ویژگی بافت، رنگ و طعم در مقایسه با پوشش‌های کازئینات سدیم، زانتان و نشاسته‌ی ذرت، کمتر بود. در بررسی چشمی نمونه‌ها نیز مشخص شد که کیک‌های پوشش داده شده با آلژینات و زانتان بعد از ٤ الی ٥ روز باعث ایجاد بوی نامتبوع و طعم نامطلوب شدند. این موضوع می‌تواند به دلیل جذب آب بالا توسط این نوع پوشش‌ها باشد. بنابراین پوشش دهی با این دو بیوپلیمر در مرحله دوم ارزیابی حسی حذف شد. هم‌چنین سطح کیک‌های پوشش‌داده شده با آلژینات سدیم هنگام دونیم کردن کیک از آن جدا شده که باعث ایجاد ظاهری نامناسب می‌شد. کیک‌های پوشش‌داده شده با بیوپلیمر زانتان نسبت به پوشش‌های دیگر طعم شیرین‌تری داشتند و کمی باعث ایجاد سطح براق شدند. نکته بسیار مهمی که می‌توان بیان کرد این است که پوشش‌دهی کیک‌ها موجب کاهش مطلوبیت کیک‌ها از نظر ارزیابان نسبت به نمونه شاهد بدون پوشش نگردید. بنابراین نداشتن تفاوت معنی‌دار بین پوشش‌های مختلف نسبت به ٤ ویژگی طعم، رنگ، بو و بافت نشانگر این موضوع است که پوشش‌دهی می‌تواند گزینه بسیار خوبی جهت تولید محصولات عملگرا باشد. زیرا هرکدام از بیوپلیمرها ویژگی‌های منحصربه‌فردی جهت غنی‌شدن و غنی‌کردن محصولات غذایی را دارا هستند. در مجموع با توجه به نتایج این مرحله و براساس ویژگی‌هایی که ذکر شد دو بیوپلیمر نشاسته ذرت و کازئینات سدیم برای مرحله بعد انتخاب شدند. متاسفانه هیچ‌گونه تحقیق مشابهی بر روی کیک‌های بدون گلوتن برای مقایسه مشاهده نشد. اما برخی از گزارش‌ها بر روی محصولات غذایی دیگر به شرح زیر بود. در مطالعه‌ای از بیوپلیمرهای ژلاتین ماهی در ترکیب با کیتوزان جهت پوشش‌دهی فیله ماهی Golden Pomfret استفاده کردند. این پوشش موجب حفظ رنگ ماهی در مدت زمان نگهداری ٥ تا ١٧ روز شد. هم‌چنین موجب تازگی و سبکی بافت ماهی شد و در مجموع مورد قبول مصرف‌کنندگان قرار گرفت. ولی در مدت زمان نگهداری این ویژگی‌ها کاهش پیدا کردند[٦]. در پژوهشی دیگر تاثیر پوشش کیتوزان-ژلاتین بر کیفیت میگو بررسی شد. این پوشش‌دهی به صورت معنی‌داری موجب بهبود خواص بافت و رنگ میگوها در مقایسه با نمونه شاهد (بدون پوشش) شد. حفظ کیفیت حسی برای نمونه‌های پوشش داده شده تا بیشتر از ١٣ روز ادامه داشت. در صورتیکه در نمونه‌های بدون پوشش حفظ کیفیت تا ٧ روز بود[٧]. در مطالعه‌ای دیگر از پوشش ژلاتین-نشاسته جهت پوشش‌دهی سوسیس ماهی استفاده شده بود. نتایج ارزیابی حسی مقبولیت کلی آن را نشان می‌داد. این محققین از آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای برای ارزیابی حسی نمونه‌های خود استفاده کردند که شماره ١ بدترین و ٥ بهترین کیفیت را نشان می‌دادند. در این آزمون میانگین امتیازها بین ٣ تا ٤ بود، که مقبولیت خوب محصول را نشان می‌داد [٨]. در مطالعه‌ای دیگر لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس انکپسوله شده در بیوپلیمر نشاسته ذرت به شکل چند لایه (محلول نشاسته/ میکروکپسول‌های اسپری شده/ نشاسته ذرت) مخلوط شده و روی نان پوشش داده شد. این پوشش به طور معنی‌داری بر خواص فیزیکوشیمیایی سطح نان موثر بود. پوشش موجب کاهش نیروی شکست شده و ارزیابی حسی مقبولیت خوبی را نشان داد[٩]. در مطالعه حاضر که از چهار نوع بیوپلیمر جهت پوشش‌دهی کیک‌های برنجی استفاده شد، همانطور که گفته شد نتایج حسی، نسبت به ویژگی‌های طعم، بو، رنگ و بافت تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نداشتند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

۳-۲- نتایج ارزیابی حسی مرحله دوم نسبت به ویژگی طعم، آروما، رنگ و بافت

همانگونه که ذکر شد در مرحله دوم میزان پذیرش بتاکاروتن در داخل پوشش و هم‌چنین در داخل بافت کیک مورد ارزیابی حسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزودن بتاکاروتن بر روی طعم کیک‌ها اثر معنی‌داری (P-value ≤ ۰/۰۵) دارد. جدول۵ میانگین داده‌ها و آزمون مقایسه Tukey را نسبت به ویژگی طعم نشان می‌دهد. در این مرحله بیشترین امتیاز طعم مربوط به نمونه کیک حاوی بتاکاروتن پوشیده شده با بیوپلیمر ۱٪ نشاسته ذرت بود که حتی نسبت به نمونه شاهد نیز طعم بهتری را نشان می‌داد.

Table 5 The average acceptance of taste of samples in the second stage using five points hedonic test.

Coated cake	Average acceptance
With 1% corn starch solution	3.73^{ab}±0.7
With 1% sodium caseinate solution	3.40^{ab}±0.73
With 1% corn starch solution contain beta carotene	3.86^{a}±0.83
With 1% sodium caseinate solution contain beta carotene	3.66^{ab}±0.9
Cake contains beta caroten coated with 1% corn starch solution	4.2^{a}±0.67
Cake contains beta caroten coated with 1% sodium caseinate solution	3.46^{ab}±0.83
Control (without beta carotene)	2.93^{b}±0.96

The Means within each row with different lower case are significantly (P < 0.05) different

ارزیابی آروما‌ی نمونه‌ها نشان داد که اضافه کردن بتاکاروتن در داخل بافت کیک و یا داخل پوشش تاثیر معنی‌داری بر روی بوی کیک‌ها ندارد (P-value ≤ ۰/۰۵). جدول ٦ میانگین داده‌ها و آزمون مقایسه Tukey نسبت به ویژگی آروما را نشان می‌دهد.

Table 6 The average acceptance of aroma of samples in the second stage using five points hedonic test

Coated cake	Average acceptance
With 1% corn starch solution	3.40^{a}±0.73
With 1% sodium caseinate solution	3.60^{a}±0.63
With 1% corn starch solution contain beta carotene	3.53^{a}±0.91
With 1% sodium caseinate solution contain beta carotene	3.40^{a}±0.82
Cake contains beta caroten coated with 1% corn starch solution	4^{a}±0.84
Cake contains beta caroten coated with 1% sodium caseinate solution	3.73^{a}±0.7
Control	3.33^{a}±0.48

Means within each row with different lower case are significantly (P ≤ 0.05) different

نتایج ارزیابی حسی مرحله دوم نسبت به ویژگی رنگ نشان داد اضافه کردن بتاکاروتن داخل کیک باعث افزایش معنی‌داری در پذیرش ویژگی رنگ کیک می‌شود (P-value ≥ ۰/۰۵). جدول۷ میانگین داده‌ها و آزمون مقایسه Tukey را نسبت به ویژگی رنگ نشان می‌دهد. در این مورد نیز بهترین نتیجه مربوط به کیک حاوی بتاکاروتن پوشیده شده با بیوپلیمر ۱٪ نشاسته ذرت بود که حتی نسبت به نمونه شاهد نیز بهتر بود.

Table 7 The average acceptance of color of samples in the second stage using five points hedonic test

Coated cake	Average acceptance
With 1% corn starch solution	3.60^{abc}±0.63
With 1% sodium caseinate solution	3.60^{abc}±0.73
With 1% corn starch solution contain beta carotene	3.66^{abc}±0.9
With 1% sodium caseinate solution contain beta carotene	3.20^{bc}±0.77
Cake contains beta caroten coated with 1% corn starch solution	4.20^{a}±0.86
Cake contains beta caroten coated with 1% sodium caseinate solution	4^{ab}± 0.84
Control	3.06^{c}±0.7

Means within each row with different lower case are significantly (P < 0.05) different

جدول ۸ نیز میانگین داده‌ها و آزمون مقایسه Tukey را نسبت به ویژگی بافت نشان می‌دهد و همانگونه که ملاحظه می‌گردد بهترین نتیجه مربوط به کیک حاوی بتاکاروتن پوشیده شده با بیوپلیمر ۱٪ نشاسته ذرت می‌باشد و اضافه کردن بتاکاروتن می تواند تفاوت معناداری (P-value ≥ ۰/۰۵) را از نظر بافت نسبت به نمونه شاهد موجب شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

Table 8 The average acceptance of texture of samples in the second stage using five points hedonic test

Average acceptance	Coated cake
[bc]3.13±0.51	With 1% corn starch solution
[c]2.86±0.83	With 1% sodium caseinate solution
[ab]3.93±0.79	With 1% corn starch solution contain beta carotene
[abc]3.33±0.9	With 1% sodium caseinate solution contain beta carotene
[a]4.06±0.7	Cake contains beta caroten coated with 1% corn starch solution
[a]4.06±0.79	Cake contains beta caroten coated with 1% sodium caseinate solution
[c]2.53±0.91	Control

Means within each row with different lower case are significantly (P < 0.05) different

همانگونه که از نتایج تا این مرحله استنباط می‌شود دو نمونه‌ی کیک فاقد گلوتن حاوی بتاکاروتن پوشش‌داده شده با ۱٪ بیوپلیمر کازئینات سدیم و نشاسته‌ی ذرت نسبت به دو ویژگی بافت و رنگ در مقایسه با دیگر نمونه‌ها دارای بیشترین میانگین پذیرش و تفاوت معنی‌دار نسبت به نمونه شاهد بودند. در سنجش آروما نمونه‌ی کیک حاوی بتاکاروتن پوشش‌داده شده با نشاسته‌ی ذرت با این‌که در مقایسه Tukey تفاوت معنی‌داری با دیگر نمونه‌ها نداشت ولی دارای بیشترین میزان پذیرش یا میانگین بود. در آزمون طعم نیز دو نمونه‌ی کیک فاقد گلوتن حاوی بتاکاروتن پوشش‌داده شده بانشاسته‌ی ذرت و کیک فاقد گلوتن پوشش‌داده شده با محلول ۱٪ نشاسته‌ی ذرت حاوی بتاکاروتن، دارای بیشترین پذیرش در میان ارزیاب‌ها بودند. ولی نمونه‌ی کیک حاوی بتاکاروتن پوشش‌داده شده با نشاسته‌ی ذرت دارای بیشترین میانگین و در نتیجه دارای بیشترین پذیرش بود. نمونه‌ی شاهد نیز تفاوت معنی‌داری با دیگر نمونه‌ها داشت و دارای کمترین میانگین و میزان پذیرش بود. بنابراین در مجموع در سه ویژگی بافت، طعم و بوو رنگ کیک حاوی بتاکاروتن، پوشش‌داده شده با محلول بیوپلیمر نشاسته‌ی ذرت دارای بیشترین میانگین پذیرش بود و برای ادامه تحقیقات و انجام مرحله بهینه‌سازی انتخاب شد.

۳-۳- نتایج بهینه‌سازی

براساس نتایج به دست آمده تا این مرحله، طرح آزمایش بهینه‌سازی با روش سطح پاسخ برای بهینه‌سازی شرایط پوشش‌دهی به منظور بهبود ماندگاری بتاکاروتن با استفاده از نرم افزار مینی‌تب طراحی گردید. نتایج بهینه‌سازی در جدول شماره ۹ مشاهده می‌شود.

Table 9 Experimental design for beta-carotene stability during coating at Day zero and seven

Beta-carotene (mg/14g cake)		Factors	
Day seven	Day zero	Biopolymer concentrations	Drying temperatures
0.97	1.17	1.5	50
1.01	1.14	1	55
1.24	1.18	0.79	50
1.07	1.11	1.5	57
1.1	0.92	1.5	50
1.09	1.08	1.5	50
0.95	1.28	2	55
0.98	1.10	1.5	50
1.01	1.16	1.5	50
1.07	1.17	2.2	50
1.15	1.20	2	45
1.07	1.17	1	45
0.92	1.02	1.5	42

با توجه به نتایج جدول ۹ و مقدار P-Value در زمان صفر و روز هفتم (جداول آنالیز واریانس۱۰ و۱۱)، تفاوت معنی‌داری در نتایج به دست‌آمده برای دو فاکتور غلظت بیوپلیمر و دمای خشک کردن در شرایط خطی مشاهده نشد. بنابراین با توجه به اینکه بتاکاروتن به اکسیژن و نور حساس است بیشترین درصد بیوپلیمر و کمترین دمای خشک کردن (٤٢ درجه سانتی‌گراد و ۲/۲٪ غلظت بیوپلیمر) به عنوان شرایط بهینه در نظر گرفته‌شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

Table 10 Analysis of variance of drying temperature and biopolymer concentration at Day zero

Source	Coefficient estimate	f-value	p-value
Model	1.09	0.90	0.531
Linear	----	0.36	0.712
Temperature	0.018	0.33	0.581
Polymer concentration	0.019	0.38	0.557
Lack-of-fit	-----	0.43	0.741
R-square	39.08		
Coefficient of variation (CV)	7.9%		

Table 11 Analysis of variance of drying temperature and biopolymer concentration at Day seven

Source	Coefficient estimate	F-value	P-value
Model	1.07	1.01	0.478
Linear	-----	0.43	0.669
Temperature	-0.008	0.06	0.812
Polymer concentration	-0.029	0.79	0.403
Lack-of-fit	----	3.52	0.128
R-square	41.82		
Coefficient of variation (CV)	8.3%		

۳-۳-۱- مقایسه شرایط بهینه در نمونه پوشش‌دار با نمونه شاهد

در این مرحله مقدار بتاکاروتن در نمونه بهینه پوشش‌دار با نمونه شاهد (بدون پوشش) در سه تکرار و در زمان‌های صفر، روز سوم و روز دهم مقایسه‌شد.

نتایج بررسی مقدار بتاکاروتن در روز صفر، سوم و دهم در نمونه پوشش‌دار شده و بدون پوشش (شاهد) با شرایط بهینه در جدول ۱۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد در نمونه پوشش‌دار تفاوت معنی‌داری بین مدت زمان روز صفر و سوم مشاهده نمی‌شود اما در روز دهم کاهش معنی‌داری در میزان بتاکاروتن موجود در کیک‌ها ایجاد شده است (P- ۰/۰۵ ≥value). در نمونه شاهد نیز تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های زمان صفر و روز سوم دیده نشد درحالیکه در روز دهم کاهش معنی‌داری در میزان بتاکاروتن کیک مشاهده شد (P-value ۰/۰۵≥).

Table 12 The average amount of Beta-carotene in the coated samples and control at Days zero, three and ten.

Beta- carotene (mg/14g)		Day
Control	Coated samples	
2.285^{aA}±0.34	1.989^{aA}±0.02	Zero
1.885^{aA}±0.15	2.124^{aA}±0.13	Three
1.134^{bA}±0.16	1.417^{bA}±0.31	Ten

Means within each column with different lower case are significantly (P < 0.05) different
Means within each row with different upper case are significantly (P < 0.05) different

همچنین مقایسه بین میانگین مقدار بتاکاروتن در نمونه‌های کیک فاقد گلوتن شاهد (بدون پوشش) و پوشش‌دار تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. در هرحال بررسی نمونه‌های روز دهم نشان می‌دهد که کاهش بتاکاروتن در نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه‌های پوشش‌دار تا حدی بیشتر است که نشان‌دهنده اثر مثبت پوشش بر ماندگاری بتاکاروتن در کیک‌ها می‌باشد (جدول۱۲).

همانگونه که از نتایج بهینه‌سازی مشخص شد تغییرات دمای خشک کردن کیک و غلظت بیوپلیمر در زمان صفر تأثیر معنی‌داری بر روی مقادیر بتاکاروتن ندارند (جدول ۹) که این موضوع نشان می‌دهد بتاکاروتن ترکیب حساسی نسبت به دماهای پایین و در حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیست. ولی به هر حال بیشترین مقدار بتاکاروتن در زمان صفر در دمای ۵۵ درجه و غلظت بیوپلیمر ۲٪ مشاهده شد. در صورتیکه بررسی بتاکاروتن کیک‌ها پس از هفت روز نگهداری در شرایط محیط نشان داد که بیشترین مقدار بتاکاروتن در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و غلظت بیوپلیمر ۰/۷۹٪ باقی‌مانده است. به این ترتیب وجود پوشش در نمونه‌ها باعث شده است تا پایداری بتاکاروتن حداقل تا هفت روز به خوبی در کیک‌ها ثابت باقی بماند. استدلالی که می‌توان برای آن در نظر گرفت این است

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

که مخلوط کردن بتاکاروتن در داخل کیک می‌تواند باعث شود تا مقدار زیادی از بتاکاروتن به صورت طبیعی و توسط ترکیبات کیک حفظ شود و تاثیر دما و هم‌چنین اکسیژن محیط در آن به حداقل برسد. به همین دلیل احتمالا غلظت بیوپلیمر و دمای نسبتا پائین خشک کردن کیک‌ها پس از پوشش‌دهی موجب کاهش بتاکاروتن در کیک‌ها نمی‌گردد. در این پژوهش خمیر کیک حاوی بتاکاروتن دارای رنگ نارنجی پررنگ بود که پس از پخت، رنگ کیک‌ها کم‌رنگ‌تر می‌شود که احتمالاً به دلیل تبدیل حالت ترانس به سیس بتاکاروتن است. در واقع مقدار بتاکاروتن در هر ١٤ گرم خمیر کیک قبل از پخت برابر با ١/١٤ میلی‌گرم بود درحالی‌که مقدار آن در نمونه پخته‌شده بعد از حرارت‌دهی در ١٢٠ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٥ دقیقه و بدون پوشش بیوپلیمری (کیک ١٤ گرمی) برابر با ١/١٠ میلی‌گرم بود. باید توجه داشت که سفیده‌ی تخم‌مرغ بعد از پخته‌شدن و شکر می‌توانند امولسیفایرهای خوبی جهت به دام انداختن بتاکاروتن باشند. کیک برنجی دارای بافت بسیار متراکمی است. بنابراین می‌تواند تا حدی از از بین رفتن بتاکاروتن داخل کیک و نه سطح آن جلوگیری کند. در پژوهشی ترکیب فیتو کمیکال پالپ گوجه حاوی لیکوپن، بتاکاروتن و ویتامین C را در شرایط دمایی مختلف مانند جوشاندن و سرخ‌کردن قرار دادند. سپس میزان کاهش مواد مغذی ذکر شده را بررسی کردند. نتایج نشان داد دو دقیقه جوشاندن موجب افزایش لیکوپن از ١٢/٤ به ١٣/٩ میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر و کاهش بتاکاروتن از ١٥/٧ به ١٢/٢ میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر و هم‌چنین کاهش ویتامین C شد. شرایط سرخ کردن نیز به همین ترتیب موجب افزایش لیکوپن و کاهش بتاکاروتن در مدت زمان ٣٠ دقیقه سرخ کردن شد[١٠]. افزایش لیکوپن در تحقیق ذکر شده می‌تواند به دلیل تبدیل مقداری از بتاکاروتن به لیکوپن باشد. هم‌چنین در مطالعه‌ای که تأثیر فرآیندهای دمایی بر روی ایزومریزاسیون‌های سیس‌و ترانس بتاکاروتن در آب هویج انجام شد، نتایج نشان دادند، فرآیندهای پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون در ١٢١ درجه سانتی‌گراد موجب ایزومریزاسیون جزئی بتاکاروتن می‌شوند. درحالی‌که استریلیزاسیون در دمای ١٣٠ درجه‌ی سانتی‌گراد و بلانچینگ (آنزیم‌زدایی) موجب افزایش سطح ایزومرهای سیس می‌شوند[١١]. تیمارهای دمایی عمدتاً تمام بتاکاروتن‌های ترانس را در درجه حرارت زیر ١٠٠ درجه سانتی‌گراد به شکل ١٣ و ١٥ سیس- بتاکاروتن تبدیل می‌کند. درحالی‌که ایزومر ٩- سیس بالای ١٠٠ درجه سانتی‌گراد شکل می‌گیرد. غلظت ایزومرهای بتاکاروتن پس از ١١ دقیقه گرمادهی به حالت تعادل می‌رسند[١٢]. بنابراین می‌توان نتیجه گیری نمود که علت عدم تاثیر معنی‌دار دمای خشک کردن بر روی میزان بتاکاروتن کیک‌ها به دلیل مقاومت آنها به حرارت‌های پایین و تبدیل آنها به ایزومرهای دیگر و یا لیکوپن باشد که طول موج حداکثر جذب آنها در اسپکتروفتومتر چندان متفاوت نیست.

مقایسه شرایط بهینه با نمونه بدون پوشش در طول مدت نگهداری نشان می‌دهد، میزان بتاکاروتن در کیک‌ها بعد از سه روز کاهش معنی‌داری در نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش ندارد. اما در روز دهم کاهش میزان بتاکاروتن در هر دو نمونه شاهد و نمونه پوشش‌دار شده مشاهده می‌گردد. از آنجاکه بتاکاروتن یک ترکیب حساس به اکسیژن و نور است، کاهش ایجاد شده می‌تواند به دلیل تجزیه بتاکاروتن تحت تاثیر نور و هوای محیط باشد (جدول ١٢). نکته قابل توجه این است که میزان کاهش در نمونه‌های پوشش‌دار شده به مراتب کمتر از نمونه‌های شاهد است که به خوبی تاثیر پوشش بر روی حفظ بتاکاروتن کیک‌ها را نشان می‌دهد. در واقع وقتی زمان نگهداری کیک‌ها طولانی می‌شود بتاکاروتن در قسمت‌های بیرونی‌تر بیشتر در معرض هوا و نور قرار داشته و در نتیجه بیشتر تجزیه می‌شوند در حالیکه بتاکاروتن در قسمتهای درونی‌تر کیک از معرض نور و هوای محیط دور می‌ماند. در این حالت پوشش بیوپلیمری می‌تواند از تجزیه بتاکاروتن در سطح کیک‌ها جلوگیری کند. این موضوع به صورت چشمی و در ظاهر کیک‌ها پس از ده روز به خوبی قابل مشاهده بود. شکل ١ نمونه شاهد بدون پوشش بیوپلیمری و شکل ٢ نمونه پوشش‌دار را پس از ده روز نگهداری نشان می‌دهد.

Fig 1 Appearance of cake without coating (control) after 10 days storage at ambient temperature

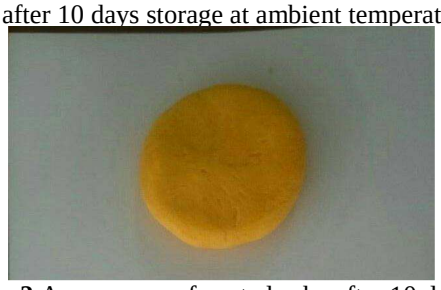

Fig 2 Appearance of coated cake after 10 days of storage at ambient temperature

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

۳-٤- سنجش فعالیت آبی (Water activity)

سنجش فعالیت آبی نمونه‌های شاهد و پوشش‌داده شده با بیوپلیمر در زمان صفر و پس از ۷ روز در جدول ۱۳ نشان داده شده است.

Table 13 Water activity of control and coated sample at Day zero and seven of storage

Water activity (%)		Sample
Day seven	Day zero	
0.24	0.31	Control (no coating)
0.26	0.78	Coated cake with 2.2% corn starch solution

اکثر باکتری‌های عامل فساد مواد غذایی در فعالیت آبی کمتر از ۰/۹۱ رشد نمی‌کنند. کپک‌های عامل فساد مواد غذایی نیز در حداقل فعالیت آبی ۰/۸۰ قادر به رشد هستند. نتایج نشان می‌دهند که خطر فساد باکتریایی هم در نمونه شاهد و هم در نمونه با پوشش بیوپلیمری ۲/۲٪ ، بسیار کم است. ولی امکان رشد کپک‌ها وجود دارد. در هر حال به منظور اطمینان نمونه‌ها به مدت سه هفته در هوای آزاد نگه‌داری شد و میزان رشد کپک و باکتری در آن بررسی شد و هیچ‌گونه رشد و فسادی در نمونه‌ها مشاهده نشد. بنابراین روش مورد استفاده برای پوشش‌دهی می‌تواند بدون ایجاد آلودگی در کیک‌ها برای پوشش‌دهی استفاده شود.

۳-۵- اندازه‌گیری درصد رطوبت

جدول ١٤ مقدار رطوبت نمونه‌های شاهد و پوشش‌دار را نشان می‌دهد.

Table 14 Moisture content (%) of control and coated samples

Muisture content (%)	
8.09%	Control(no coating)
16.07%	Coated cake with 2.2% corn starch solution

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد پوشش بیوپلیمری به مقدار قابل توجهی موجب افزایش رطوبت نمونه پوشش‌دار شده نسبت به نمونه‌ی شاهد در زمان صفر و پس از ٢٤ ساعت گرمخانه‌گذاری شده است. حفظ رطوبت در کیک‌ها موجب ماندگاری بیشتر و مطبوعیت کیک‌ها می‌شود. از آنجا که کیک‌های بدون گلوتن بسیار سریع خشک شده و قادر به حفظ رطوبت به اندازه کیک‌های معمولی نیستند، معمولا ماندگاری آنها کمتر از کیک‌های معمولی است. بنابراین پوشش‌دهی این کیک‌ها علاوه بر افزایش ماندگاری بتاکاروتن در داخل کیک، موجب بهبود و نرمی بافت کیک در شرایط نگهداری کوتاه مدت و در نتیجه افزایش ماندگاری این کیک‌ها می‌گردد.

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده کیک بدون گلوتن می‌تواند به عنوان یک ماده غذایی پرمصرف و پایه جهت تولید محصول غذایی عملگرا مطرح شود. با توجه به اینکه در ارزیابی حسی تفاوت معناداری در طعم، بافت، رنگ و بو بین کیک‌های برنجی پوشش‌داده شده با چهار نوع بیوپلیمر وجود نداشت، می‌توان از این بیوپلیمرها در جهت غنی‌سازی محصولات غذایی به خصوص کیک‌ها بهره برد. آنتی‌اکسیدان‌ها نیز یکی از موادی هستند که در غنی‌سازی غذاها استفاده می‌شوند. کیک‌ها مخصوصا کیک برنجی به دلیل تراکم بافتی که دارند می‌توانند با انواع آنتی‌اکسیدان غنی شده و موجب حفظ آن در شرایط بسته‌بندی شوند. پوشش‌های بیوپلیمری نیز قادر به حفظ آنتی-اکسیدان‌ها در کیک‌ها هستند. در این مطالعه محلول بیوپلیمری ۲/۲٪ نشاسته ذرت عملکرد خوبی در حفظ بتاکاروتن به عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی داخل کیک برنجی در مدت سه و ده روز نگهداری را داشت.

٥- منابع

[1] Nourani, M., Elhami, rad. M., Hosseini tabatabaei, F. 1393.Functional foods. *National Conference of new technologies in food industry*, 1-7

[2] Nahid, P., Alamzade, A., Hashtochahar, S., Akhlaghpasand, H. 1393. Extraction

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

methods of Beta carotene s from carrot and compare these methods.. *Handbook of food engineering*, 1-8.

[3] Ghambarzadeh, B., Pezeshki najafabadi, A., Almasi, H. 1388. Active biopolymers at food packaging. *Journal of Food Science and Technology*,8.31.123-135

[4] Gross, J. 1991. Pigments in vegetables, New York: Van Nordstrand Reinhold.

[5] Standard of Iran. No 2507. 1374. http://isiri.org/portal/file/108865/14728.pdf.

[6] Feng, X., Bansal, N., Yang, H., 2016. Fish Gelatin combined with Chitosan coating Inhabits Myofibril degradation of golden pomfret (Trachinotus ovatus) fillet during cold storage. *Food science and TechnologyProgramme*,1-20.

[7] Farajzadeh, F., Motamedzadegan, A., Shahidi, A., Hamzeh, S. 2016. The effect of Chitosan- Gelatin coating on the quality of shrimp (Litopenaeus vannamei) under refrigerated condition. *Department of food science and technology*,10.1-28.

[8] Aleman, A., Gonzales, F., Arancibia, Y, M., Lopez-Caballero, E, M., Montero, P., Gomez-Guillen, C, M. 2016. Comparative study between film and coating packaging base on shrimp concentrate obtained from marine industrial waste for fish sausage preservation. *Food control*, 70:325-332.

[9] Fortoul -Altamirano, R., Moreno-Terrazas, R., Quezada-Gallo, A., Rosell, M, C. 2012. Viability of some probiotic coating in bread and its effect on crust mechanical properties. *Food Hydrocolloids*, 29:166-174.

[10] Charles, I. N., Jude, I. O., James, O. E., Tochukwu, E, C. 2014. Effect of thermal processing on lycopene, beta-carotene and vitamin C content of tomato. *Journal of Food and Nutrision Sciences*,2(3):87-92.

[11] Marx, M., Stuparic, M., Schieber, A., Carle, R. 2003. Effect of thermal processing on trans-cis isomerization of Beta-carotene in carrot juices and carotene-containing preparation.*Food Chemistry*, 83: 609-617.

[12] Doering Von, W . E., Sotirio-Leventis, C., Roth,W,R.1995.Thermal interconversions among 15-cis, 13-cis, and all trans Beta-carotene: kinetics, Arrhenius parameters, thermochemistry, and potential relevance to anticarcinogenity of all Beta- carotene. *Journal of the American Chemical Society*,117:2747-2757.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]

Optimization of envelopment in enriched gluten free cakes with beta – carotene using response surface methodology

Bahari, Z. [1], Zare, D. [2*], Movahed, S. [3]

1. M.Sc Student, Department of Food Science, Varamin – Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
2. Department of Biotechnology, Iranian Research Organization for Science and Technology
3. Associate Professor, Department of Food Science, Varamin – Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

In celiac disease, patients are not capable to digest the gluten of food. Beta-carotene is precursor for vitamin A and one of the most powerful fat-soluble antioxidants. Enrichment of gluten free cakes with beta-carotene and extension of shelf life of beta-carotene by coating can improve nutritional quality of diet in celiac patients and even healthy people. In the present research the effect of coating of gluten free cakes on sustainability of added beta-carotene was investigated and effective factors on coating and enrichment of gluten free cakes were optimized. In the first phase, gluten free cakes were covered by alginate, xanthan, corn starch and caseinate polymer solution (1%) and sensory evaluated. In the second phase, beta-carotene was added into the cakes dough, directly or into the biopolymer solutions of sodium caseinate or corn starch and cakes were sensory evaluated. According to the results, cakes contain beta-carotene coated with corn starch solution were selected. The concentration of biopolymer and drying temperature was then optimized by response surface methodology (RSM). Based on RSM results, the optimum condition was 2.2% corn starch for biopolymer concentration and 42 ºC for drying temperature. After this, beta-carotene durability in optimized condition was evaluated. Results showed that reduction of beta-carotene in coated samples was significantly lower than control (without coating) during 10 days storage. Therefore, coating with 2.2% corn starch could increase durability of beta-carotene inside the cake during storage.

Keywords: Gluten free cakes, Coating, Biopolymer, Beta-carotene, Optimization

* Corresponding Author E-Mail Address: zare@irost.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-24]