(مقاله پژوهشی)

استفاده از نشاسته اصلاح‌شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات (E1442) به‌عنوان جایگزین چربی در تولید کیک کم‌کالری

آرش بشیریان[۱] ، فرزانه عبدالملکی[۲*]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

۲-استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۲۲

چکیده

کیک یک محصول غذایی مورد علاقه مصرف‌کنندگان برشمرده می‌شود. 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. ازاین‌روی جایگزین کردن بخشی از چربی موجود در فرمولاسیون محصول با جایگزین‌های چربی مورد توجه قرارگرفته است. در این پژوهش بررسی تأثیر نشاسته اصلاح‌شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات (E۱۴۴۲) در تولید کیک کم‌چرب موردبررسی قرار گرفت. (E۱۴۴۲) به‌عنوان جایگزین چربی در چهار سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد به‌عنوان متغیرهای پژوهش در نظر گرفته شد؛ ویژگی فیزیکی خمیر مانند حجم مخصوص، ویسکوزیته و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک از جمله رطوبت، چربی، aw، pH، ارتفاع ، رنگ و سفتی بافت کیک‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌دار میان کیک تهیه‌شده با ۲۵ درصد جایگزین چربی و کیک شاهد در صفات حجم مخصوص، pH خمیر، رطوبت، a_w ارتفاع و سفتی بافت کیک وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). با افزایش میزان جایگزینی چربی به میزان ۵۰ درصد کاهش معنی‌داری در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کیک‌های تولیدشده مشاهده شد ($P<۰/۰۵$).

واژه‌های کلیـدی: جایگزین چربی، نشاسته اصلاح‌شده، نشاسته اصلاح‌شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات.

* مسوول مکاتبات: fa.abdolmaleki@gmail.com

۱-مقدمه

فرآورده‌های پخت یکی از مواد غذایی هستند که در دنیا بیشترین مصرف را دارند. در میان این محصولات، کیک‌ها شهرت ویژه‌ای دارند و در نظر مصرف‌کنندگان به صورت یک محصول خوشمزه با ویژگی‌های ارگانولپتیک ویژه هستند (۱۶). تغییر الگوی زندگی به‌سوی زندگی ماشینی سبب افزایش بروز بیماری‌های غیر واگیردار از جمله بیماری‌های قلبی، چاقی و سرطان شده است. به‌گونه‌ای که این بیماری‌ها علل عمده مرگ‌ومیر در کشورهای توسعه‌یافته و رو به توسعه به‌ویژه در سال‌های اخیر به شمار می‌روند (۳). آگاهی عموم مردم نسبت به مسائل سلامت و بهداشت، سبب شده است تا تقاضا جهت تولید فرآورده‌های کم‌کالری و باکیفیت که مقدار روغن و قند آن‌ها کم باشد، افزایش پیدا کند (۷). نشاسته مهم‌ترین پلی ساکارید ذخیره‌ای در گیاهان است که نقش مهمی را در صنعت غذا بازی می‌کند، به‌عنوان مثال شیرین‌کننده‌های تهیه‌شده از نشاسته سابقه استفاده طولانی مدتی دارند. کاربرد تازه‌تر نشاسته به‌عنوان جانشین چربی است. در سال‌های اخیر در کشورهای پیشرفته، به‌کارگیری فراورده‌هایی که دارای محتوای چربی کاهش‌یافته‌ای هستند، بسیار مورد توجه قرارگرفته است. جانشین‌های چربی از لحاظ ساختمان شیمیایی به چربی‌ها، پروتئین‌ها و یا کربوهیدرات‌ها شباهت دارند و به‌طورکلی به دو گروه جایگزین‌های چربی و چربی‌های تقلیدی تقسیم‌بندی می‌شوند (۴). انگیزه اصلی از تولید تمام جایگزین‌های چربی، کمک به کاهش کالری تولیدشده توسط چربی موجود در غذا می‌باشد، در حالی که بافتی که در اثر وجود چربی در غذا به وجود می‌آید، حفظ شود. با وجود اینکه بیشتر این ترکیبات محتوی کالری کمتری نسبت به چربی‌ها هستند (۶) .براساس استاندارد ملی ایران ۳ نوع کیک وجود دارد که شامل کیک روغنی، کیک اسفنجی و کیک کامل می‌باشد (۳). نوع کیک مورد بررسی در این پژوهش کیک روغنی است انگیزه این گزینش همان‌گونه از عنوان پژوهش مشخص است جایگزین کردن نشاسته اصلاح‌شده با روغن به کار گرفته‌شده در فرمولاسیون کیک است بنابراین بهترین نوع انتخاب از انواع کیک‌های موجود در بازار نوع روغنی آن می‌باشد تا تغییرات اعمال‌شده آشکارتر محسوس گردد. کیک روغنی کیکی است که در آن میزان روغن افزوده‌شده حداقل ۱۰٪ وزن محصول باشد. این کیک می‌تواند دارای مغزی، پوشش، تزئین و یا به‌صورت لایه‌ای باشد. این کیک می‌بایست دارای بافت و رنگ یکنواخت و بدون لک باشد، مزه و بوی آن مطلوب و عادی باشد و فاقد مزه و بوی خارجی باشد. طبق این استاندارد آزمون‌های انجام‌شده بر روی کیک تولیدشده عبارت‌اند از رطوبت، پروتئین، چربی، اندیس پراکسید، اسیدیته، فعالیت آبی، pH و خاکستر غیر محلول در اسید(۳). چربی در کیک روغنی نقش بسیار مهمی در محبوس نگه‌داشتن هوای ایجادشده در مرحله مخلوط کردن خمیر کیک دارد که در نتیجه‌ی آن بافت متخلخل کیک حاصل می‌شود (۵). جایگزین کردن بخشی از چربی در فرمولاسیون کیک روغنی با نشاسته اصلاح‌شده افزون بر ساختن بافت مناسب و متخلخل می‌تواند اثرات مطلوبی را به همراه داشته باشد. به‌گونه‌ای که نشاسته اصلاح‌شده سبب مرطوب نگه‌داشتن بافت کیک و افزایش زمان ماندگاری خواهد شد. همچنین سهولت در افزودن به ترکیب، امکان آماده‌سازی مناسب خمیر، ایجاد محصول نهایی عالی از لحاظ بافت نرم، مزه مطلوب و بهبود زمان ماندگاری از برتری‌های تکنولوژیکی استفاده از نشاسته اصلاح‌شده در فرمولاسیون کیک می‌باشد (۶). بنا بر موارد ذکرشده بر آن شدیم تا در این تحقیق با به‌کارگیری از نشاسته اصلاح‌شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات (E1442) به‌عنوان یک جایگزین مناسب چربی به تولید کیک کم‌کالری و مناسب بپردازیم و همچنین آن چیزی که این پژوهش را نسبت به دیگر پژوهش‌ها متمایز می‌کند این است که بررسی‌های انجام‌شده در ایران بیشتر بر روی نان، سس مایونز، بیسکویت و فرآورده‌های لبنی بوده است ولی در این مطالعه کوشش بر این است که برای نخستین بار در کشور درصد مناسبی از میزان چربی را از

فرمولاسیون کیک روغنی که یکی از پر تولیدترین کیک‌ها در صنعت می‌باشد حذف کرده و بجای آن میزان مناسبی E1442 جایگزین نمود تا از این طریق به یک کیک با چربی کم و خواص فراسودمند دست پیدا کرد.

۲-مواد و روش ها

۲-۱-مواد موردنیاز

E1442 مورد استفاده در این تحقیق از شرکت نشنال استارچ آمریکا، سوربیتول از شرکت ROQUETT مالزی، مونودی از شرکت Palasgard-RADIA-LASENORفرانسه، گلیسیرین از شرکت VAncE BlondE RGY مالزی، اسانس از شرکت Givaudan ترکیه و وانیل پودری از شرکت Plus-aromsa ایران تهیه گردید.

۲-۲-روش انجام پژوهش

این پژوهش دربرگیرنده چهار مرحله آزمون است:

مرحله اول: آزمون‌های شیمیایی آرد مصرفی شامل تعیین مقدار خاکستر، رطوبت، پروتئین و چربی مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ صورت پذیرفت (۳).

مرحله دوم: آزمون‌های خمیرشامل تعیین ویسکوزیته با استفاده از دستگاه ویسکومتر، تعیین دانسیته و حجم مخصوص با روش گیبسون و همکاران (۲۰۰۰) صورت پذیرفت (۱۱).

مرحله سوم: تهیه کیک که فرمولاسیون کیک شاهد و نمونه‌ها در جدول زیر قابل مشاهده است.

جدول ۱- فرمولاسیون کیک شاهد و نمونه‌ها(۱۸)

مواد اولیه	نمونه شاهد	نمونه حاوی ۲۵٪ نشاسته اصلاح‌شده	نمونه حاوی ۵۰٪ نشاسته اصلاح‌شده	نمونه حاوی ۷۵٪ نشاسته اصلاح‌شده	نمونه حاوی ۱۰۰٪ نشاسته اصلاح‌شده
آرد	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
روغن	۱۰	۷/۵	۵	۲/۵	۰
شکر	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲
نمک	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳
بیکینگ‌پودر	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲
امولسیفایر	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
تخم‌مرغ	۱۰/۹	۱۰/۹	۱۰/۹	۱۰/۹	۱۰/۹
آب	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷
اینورت	۲	۲	۲	۲	۲
وانیل	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
E1442	۰	۲/۵	۵	۷/۵	۱۰
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

مراحل تهیه کیک

۱ـ ابتدا تخم‌مرغ به همراه شکر و امولسیفایر به مدت ۳ دقیقه با سرعت تند همزن، هم زده می‌شود.

۲ـ سپس روغن، به همراه آب به مخلوط اضافه می‌شود و به مدت ۳ دقیقه با سرعت تند همزن، هم زده می‌شود.

۳ـ در پایان آرد، E1442، وانیل، بیکینگ‌پودر، اینورت و نمک اضافه می‌شود و ۳ دقیقه با سرعت متوسط همزن، هم زده می‌شود.

۴ـ خمیر به‌دست‌آمده در قطعات ۱۰۰ گرمی وزن شده و در داخل قالب‌هایی که از قبل دیواره آن با روغن چرب شده منتقل می‌شود.

۵ـ قالب‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در آون با دمای ۱۷۵ °C قرار داده می‌شود. در پایان قالب‌ها از آون خارج‌شده و به مدت یک ساعت در دمای اتاق خنک شده و سپس در پوشش سلفون بسته‌بندی می‌شوند(۱۸).

مرحله چهارم: آزمون‌های محصول نهایی

تعیین مقدار رطوبت و a_w که طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ انجام شد (۳).

اندازه‌گیری حجم مخصوص کیک با استفاده از دستگاه تعیین حجم Seed Volume ApparaTas ویژه محصولات نانوایی مثل کیک صورت گرفت (۱۸).

اندازه‌گیری رنگ محصول با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج DP25 HunTer lab D - ۹۰۰۰ صورت گرفت (۷).

تعیین بافت: سفتی و پایداری بافت کیک مورد آزمون با استفاده از دستگاه بافت سنج Hounsfield اندازه‌گیری شد (۱۸).

ارتفاع کیک: با استفاده از کولیس ارتفاع کیک اندازه‌گیری شد (۹ و ۱۰). چربی: به کمک دستگاه سوکسله میزان چربی محصول اندازه‌گیری شد (۳). pH: به کمک دستگاه pH متر، pH محصول اندازه‌گیری شد (۳).

۲-۳-آزمون‌های حسی

ویژگی‌های حسی مانند رنگ، طعم و بافت با استفاده از روش هدونیک۱ توسط ۸ نفر ارزیاب آموزش‌دیده با تکمیل پرسش‌نامه ارزیابی، ارزیابی خواهد شد. عدد ۱ نشان‌دهنده پایین‌ترین امتیاز داده‌شده توسط ارزیاب و عدد ۹ بالاترین امتیاز خواهد بود (۷).

۲-٤-متغیرهای موردبررسی در قالب یک مدل مفهومی و شرح چگونگی بررسی و اندازه‌گیری متغیرها

این آزمایش با استفاده از ۵ تیمار و ۳ تکرار به ازای هر تیمار انجام خواهد شد که در آن تیمارها عبارت‌اند از:

شاهد

کیک حاوی E1442 با چهار سطح شامل:A_4=%100، A_3=%75، A_2=%50 و A_1=%25

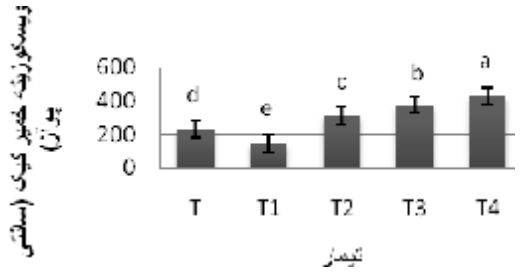
۲-۵-تجزیه‌وتحلیل آماری

در این پژوهش، تجزیه‌وتحلیل نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی و تمامی آزمون‌ها در ۳ بار تکرار انجام شد. برای مقایسه‌ی میانگین تیمارها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (دانکن) در سطح احتمال ۵٪ استفاده گردید. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار گراف پد پریسما انجام شد. همچنین جهت رسم نمودارها از نرم‌افزارهای اکسل استفاده شد.

۳-نتایج و بحث

۳-۱ نتایج میزان ویسکوزیته خمیر کیک

استفاده از جایگزین چربی در سطح ۲۵٪ منجر به کاهش ویسکوزیته خمیر کیک شد و با افزایش میزان جایگزین چربی افزایش معنی‌داری در این صفت مشاهده گردید به‌طوری‌که تیمار ساخته شده با ۵۰٪ جایگزین چربی به بالا بیشترین میزان ویسکوزیته را در مقایسه با دیگر تیمارها داشته است ($P<۰۵/۰$). نتایج تحقیقات موریس و همکارش در سال ۲۰۱۲ نشان داد که افزودن مقادیر بالایی از E1442 به خمیر سبب خواهد شد تا زمان انبساط خمیر به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد که این امر ناشی از واکنش E1442 با شبکه پروتئینی آرد می‌باشد که در نتیجه با تغییر ویژگی‌های الاستیسیته خمیر و کاهش ظرفیت نگهداری گاز، افزایش ویسکوزیته خمیر را در پی خواهد داشت (۱۵). همچنین E1442 به‌عنوان یک فیبر محلول در آب ظرفیت نگهداری آب بسیار بالایی دارد به‌طوری‌که با انحلال E1442 در آب، میکروکریستال هایی تشکیل می‌شود که با قرار گرفتن آب در داخل شبکه‌های آن کاهش رطوبت از ساختار خمیر ایجاد خواهد شد؛ بنابراین با کاهش میزان رطوبت باقیمانده در ساختار خمیر، ویسکوزیته افزایش می‌یابد. احتمال می‌رود که عدم تشکیل میکروکریستال توسط E1442 در مقادیر کم از دلایل کاهش ویسکوزیته خمیر تیمار شده با ۲۵٪ جایگزین چربی بوده باشد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط ترکمانی (۱۳۹۱) و دامن افشان و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت داشت (۱ و ۲).



شکل۱- مقایسه میانگین ویسکوزیته خمیر نمونه‌های کیک کم‌کالری

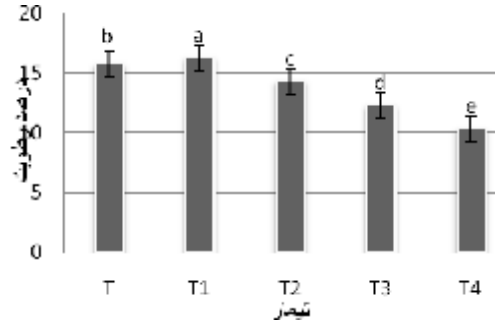
تیمار کیک دارای ۵۰ درصدE1442 = T2 , تیمار کیک دارای ۲۵ درصد E1442 =T1

تیمار کیک دارای ۱۰۰ درصد درصدE1442 =T4 تیمار کیک دارای ۷۵ درصد E1442 =T3

تیمار شاهد فاقدE1442 =T

۳-۲ نتایج میزان رطوبت کیک

نتایج حاصل از اندازه‌گیری رطوبت کیک‌های کم‌کالری و نمونه شاهد در شکل ۲ نشان داده‌شده است. نمونه با ۲۵٪ جایگزین چربی اختلاف معنی‌داری در محتوای رطوبتی با نمونه شاهد نداشت (P>۰/۰۵). کمترین محتوای رطوبتی در نمونه تهیه‌شده با ۱۰۰٪ جایگزین چربی مشاهده شد (P<۰/۰۵). نتایج مشابه در نتیجه جایگزینی چربی با E1442 در محتوای رطوبتی توسط موریس و همکارش (۲۰۱۲) (۱۵) و هاگر و همکارانش (۲۰۱۱) گزارش شد (۱۲) که با نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش هم‌خوانی داشت. نتایج بررسی‌های کودینا و همکارانش (۲۰۰۶) نشان داد که E1442 در مقایسه با سایر فیبرها به دلیل نوع ساختاری که دارد علاوه بر جذب آب بیشتر به دلیل حلالیت در آب، در مرحله پخت نیز میزان آب بیشتری از دست می‌دهد و این عامل سبب خواهد شد تا میزان رطوبت محصول نهایی کاهش یابد (۱۳). همچنین همان‌گونه که اشاره شد مهم‌ترین عاملی که می‌تواند در رابطه با کاهش رطوبت نمونه‌های کیک موثر باشد، تشکیل میکروکریستال هایی توسط E1442 است که با محبوس شدن آب در داخل شبکه‌های آن، کاهش رطوبت در محصول نهایی مشاهده خواهد شد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط کوسر و همکاران (۲۰۰۷) (۱۴) و دامن افشان و همکارانش (۱۳۹۴) مطابقت داشت (۲).



شکل۲- مقایسه میانگین رطوبت نمونه‌های کیک کم‌کالری

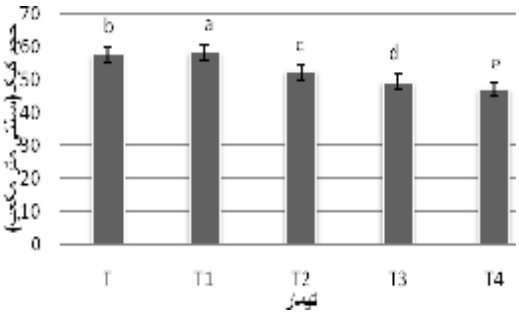
تیمار کیک دارای ۵۰ درصدE1442 = T2 , تیمار کیک دارای ۲۵ درصد E1442 =T1

تیمار کیک دارای ۱۰۰ درصد درصدE1442 =T4 تیمار کیک دارای ۷۵ درصد E1442 =T3

تیمار شاهد فاقدE1442 =T

۳-۳ نتایج میزان حجم کیک

استفاده از جایگزین چربی در سطح ۵۰٪ به بالا منجر به کاهش معنی‌دار در حجم کیک گردید (P<۰/۰۵) در حالی که نمونه کیک تهیه‌شده با ۲۵٪ جایگزین چربی اختلاف معنی‌داری در صفت حجم با نمونه شاهد نداشت (P>۰/۰۵). حجم کیک نشان‌دهنده میزان هوا، بخار آب تولیدشده، دی اکسید کربن و میزان تغییرات آن در طول پخت در خمیر کیک می‌باشد. لذا مهم‌ترین دلیل کاهش حجم نمونه‌های کیک با مقادیر بالایی از E1442، واکنش E1442 با شبکه گلوتن می‌باشد که این عامل سبب خواهد شد تا ظرفیت نگهداری گاز در ساختار محصول کاهش یابد و کاهش حجم نمونه‌های کیک را به همراه داشته باشد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط موسکاتو و همکاران (۲۰۰۶) (۳) و دامن افشان و همکارانش (۱۳۹۴) هم‌خوانی داشت (۲).



شکل۳- مقایسه میانگین حجم نمونه‌های کیک کم‌کالری

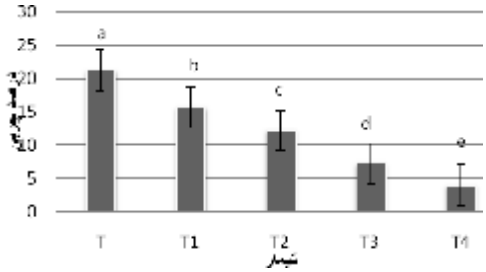
تیمار کیک دارای ۵۰ درصدE1442 = T2 , تیمار کیک دارای ۲۵ درصد E1442 =T1

تیمار کیک دارای ۱۰۰ درصد درصدE1442 =T4 تیمار کیک دارای ۷۵ درصد E1442 =T3

تیمار شاهد فاقدE1442 =T

۳-٤ نتایج میزان چربی کیک

نتایج حاصل از بررسی میزان چربی بر اساس وزن ماده خشک کیک در شکل ۴ نشان داده‌شده است. با توجه به نتایج درج‌شده در جدول ۵، تمامی تیمارها کاهش معنی‌داری در میزان چربی در مقایسه با نمونه کنترل داشته‌اند (P<۰/۰۵). با افزایش میزان E1442 جایگزین شده، از میزان چربی موجود در فرمولاسیون کاسته شد به‌طوری‌که پایین‌ترین سطح چربی مربوط به نمونه با ۱۰۰٪ جایگزینی به میزان ۳/۹۲٪ بوده است. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط ترکمانی (۱۳۹۱) (۱) و دامن افشان و همکارانش (۱۳۹۴) مطابقت داشت (۲).



شکل٤- مقایسه میانگین درصد چربی نمونه‌های کیک کم‌کالری

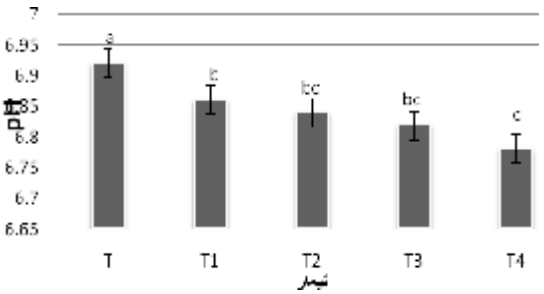
تیمار کیک دارای ۵۰ درصدE1442 = T2 , تیمار کیک دارای ۲۵ درصد E1442 =T1

تیمار کیک دارای ۱۰۰ درصد درصدE1442 =T4 تیمار کیک دارای ۷۵ درصد E1442 =T3

تیمار شاهد فاقدE1442 =T

۳-۵ نتایج میزان pH کیک

نتایج بررسی اثر همزمان روز نگهداری و درصدهای مختلف E1442 مورد استفاده در فرمولاسیون کیک در شکل 5 آمده است همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش جایگزینی E1442 به خمیر تفاوتی در میزان pH نمونه‌های کیک با نمونه شاهد مشاهده نگردید و این امر از برای نزدیک بودن pH نشاسته اصلاح‌شده به سایر اجزای فرمولاسیون می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه شده توسط دامن افشان و همکارانش (۱۳۹۴) مطابقت داشت (۲).



شکل۵- مقایسه میانگین pH نمونه‌های کیک کم‌کالری

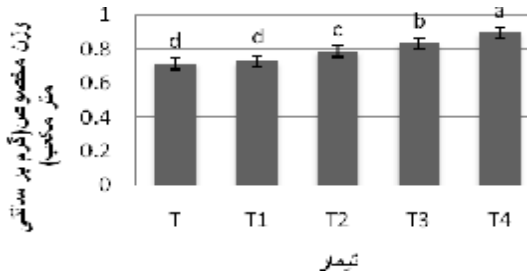
تیمار کیک دارای ۵۰ درصد استویاE1442 = T2 , تیمار کیک دارای ۲۵ درصد E1442 =T1

تیمار کیک دارای ۱۰۰ درصد درصدE1442 =T4 تیمار کیک دارای ۷۵ درصد E1442 =T3

تیمار شاهد فاقدE1442 =T

۳-۶ نتایج میزان وزن مخصوص کیک

نتایج مقایسه میانگین وزن مخصوص نمونه‌های خمیر حاوی درصدهای مختلف E1442 و خمیر شاهد در جدول ۷ نشان داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، جایگزین کردن چربی با E1442 در سطح ۵۰٪ به بالا سبب افزایش معنی‌دار وزن مخصوص نمونه خمیر شد (P<۰/۰۵). بااین‌حال اختلاف معنی‌داری در وزن مخصوص نمونه خمیر شاهد و نمونه خمیر حاوی ۲۵٪ جایگزین چربی مشاهده نشد (P>۰/۰۵). وزن مخصوص خمیر کیک فاکتور مناسبی برای بررسی میزان ورود حباب‌های هوا به خمیر و میزان نگهداری هوا در طول مخلوط کردن خمیر است. هراندازه خمیر قابلیت بیشتری در نگهداری حباب‌های هوای ایجاده شده داشته باشد وزن مخصوص خمیر کاهش‌یافته و به عبارتی ویژگی‌های رئولوژیکی آن افزایش می‌یابد. با افزایش میزان E1442 بکار رفته، وزن مخصوص خمیر کیک افزایش یافت که در نهایت کاهش حجم در کیک های حاوی میزان E1442 بیشتر مشاهده شد. نتایج به دست آمدده در این پژوهش با گزار شهای ارائه شده توسط دامن افشان و همکارانش (۱۳۹۴) مطابقت داشت (۲).طبق مشاهدات به‌دست‌آمده با خروج هرچه بیشتر چربی از ساختار خمیر، به دلیل سفت‌تر شدن بافت خمیر عمل مخلوط کردن سخت‌تر و نامناسب‌تر شده و از آنجایی که یکی از عوامل موثر در افزایش حجم نمونه‌های کیک، عوامل مکانیکی (عمل مخلوط کردن) می‌باشد لذا با افزایش میزان E1442 و کاهش درصد چربی از فرمولاسیون خمیر کیک، هوادهی در خمیر کیک و در نتیجه میزان هوای موجود در ساختار خمیر تحت تأثیر قرارگرفته، به همین جهت وزن مخصوص افزایش یافت. همچنین نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط زولیاس و همکاران (۲۰۰۲) (۱۹) و موسکاتو و همکاران (۲۰۰۶) (۱۶) و حسین و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت داشت (۱۳).

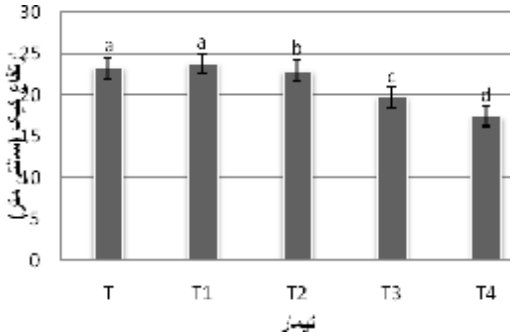


شکل٦- مقایسه میانگین وز مخصوص خمیر نمونه‌های کیک کم‌کالری

تیمار کیک دارای ۵۰ درصدE1442 = T2 , تیمار کیک دارای ۲۵ درصد E1442 =T1
تیمار کیک دارای ۱۰۰ درصد درصدE1442 =T4 تیمار کیک دارای ۷۵ درصد E1442 =T3
تیمار شاهد فاقدE1442 =T

۳-۷ نتایج میانگین ارتفاع کیک

نتایج مقایسه میانگین ارتفاع نمونه کیک شاهد و نمونه‌های حاوی درصدهای مختلف E1442 در نمودار ۷ نشان داده‌شده است. با توجه به نتایج میان نمونه کیک شاهد، نمونه حاوی ۲۵٪ جایگزین چربی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در صفت ارتفاع ایجاد نشد (P>۰/۰۵) اما در نمونه حاوی ۵۰٪ جایگزین چربی به بالا کاهش معنی‌داری از لحاظ آماری نسبت به دیگر نمونه‌ها ایجاد شد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط دامن افشان و همکارش (۱۳۹۴) (۲) و موسکاتو و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت داشت (۱۶).



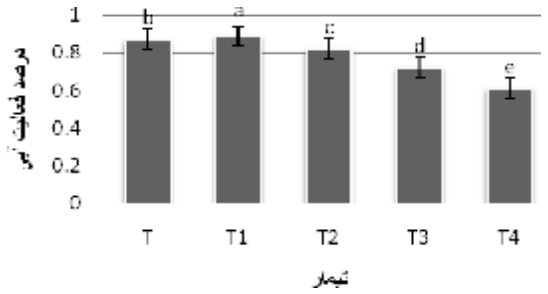
شکل۷- مقایسه میانگین ارتفاع نمونه‌های کیک کم‌کالری

تیمار کیک دارای ۵۰ درصدE1442 = T2 , تیمار کیک دارای ۲۵ درصد E1442 =T1
تیمار کیک دارای ۱۰۰ درصد درصدE1442 =T4 تیمار کیک دارای ۷۵ درصد E1442 =T3
تیمار شاهد فاقدE1442 =T

۳-۸ نتایج میزان a_w کیک

نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش حاکی از آن بود که با کاهش درصد رطوبت نمونه‌های کیک، میزان aw نمونه‌های مورد نظر نیز کاهش یافت. به‌طوری‌که با جایگزین کردن چربی با E1442 به میزان ۵۰٪، ۷۵٪ و ۱۰۰٪ به‌تدریج کاهش معنی‌داری در aw تیمارهای مورد نظر ایجاد شد (P<۰/۰۵). از دلایلی که دررابطه با کاهش aw کیک‌های حاوی میزان E1442 بالا می‌توان به آن

اشاره کرد وجود گروه‌های عاملی از جمله گروه هیدروکسیل در ساختار شیمیایی E1442 می‌باشد. احتمال می‌رود که گروه هیدروکسیل با ایجاد پیوند با آب، میزان آب قابل‌دسترس را کاهش داده و بنابراین کاهش در aw کیک‌های حاوی E1442 ایجاد شد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط زولیاس و همکارش (۲۰۰۲) ۱۷) و دامن افشان و همکارانش (۱۳۹۴) مطابقت داشت (۲).



شکل۸- مقایسه میانگین درصد فعالیت آبی نمونه‌های کیک کم‌کالری

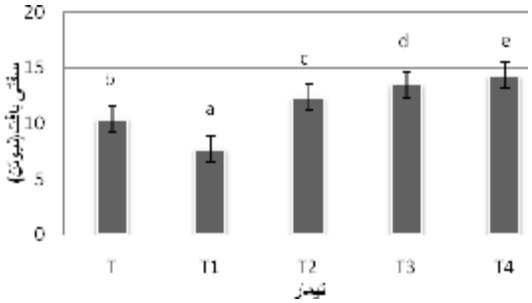
تیمار کیک دارای ۵۰ درصدE1442 = T2 , تیمار کیک دارای ۲۵ درصد E1442 =T1

تیمار کیک دارای ۱۰۰ درصد درصدE1442 =T4 تیمار کیک دارای ۷۵ درصد E1442 =T3

تیمار شاهد فاقدE1442 =T

۳-۹ نتایج سنجش بافت کیک

بافت مواد غذایی به عنوان یکی از مهم ترین خصوصیات کیفی محصول، نقش مهمی در پذیرش کلی توسط مصرف کنندگان دارد.همان طور که در شکل ۹ ملاحظه می شود، بین نمونه های کیک اختلاف معنی داری از نظر سفتی وجود دارد و در مقایسه با نمونه شاهد، سفتی نمونه ها افزایش یافته است و جایگزین کردن چربی با E1442 در۴ سطح سبب افزایش معنی‌دار وزن مخصوص نمونه خمیر شد (P<۰/۰۵). لذا مهم‌ترین دلیل سفتی بافت نمونه‌های کیک با مقادیر بالایی از E1442، واکنش E1442 با شبکه گلوتن می‌باشد که این عامل سبب خواهد شد تا ظرفیت نگهداری گاز در ساختار محصول کاهش یابد و کاهش حجم نمونه‌های کیک را به همراه داشته باشد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط موسکاتو و همکاران (۲۰۰۶) (۱۶) و صالحی و همکارانش (۲۰۱۶) هم‌خوانی داشت (۱۷).



شکل۹- مقایسه میانگین سفتی بافت نمونه‌های کیک کم‌کالری

تیمار کیک دارای ۵۰ درصدE1442 = T2 , تیمار کیک دارای ۲۵ درصد E1442 =T1

تیمار کیک دارای ۱۰۰ درصد درصدE1442 =T4 تیمار کیک دارای ۷۵ درصد E1442 =T3

تیمار شاهد فاقدE1442 =T

۳-۱۰ نتایج سنجش رنگ کیک

ازنتایج نشان داده شده در جدول ۲ مشخص است که با افزایش جایگزین کردن چربی با E1442 میزان روشنایی (L) کاهش یافته و نمونه ها تیره ترشده اند. نمونه حاوی ۱۰۰ ٪ E1442 از همه تیره تر بودند و اختلاف معنی داری از نظر روشنایی بین کیک ها وجود دارد.شاخص* a (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) با افزودن درصد E1442 افزایش یافته که نشان دهنده افزایش رنگ قرمز در کیک ها است و نمونه ها قرمز تر شده اند. اختلاف معنی داری در شاخص *b (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) مشاهده نشد و زردی نمونه ها تغییر چندانی نکرد. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با بررسی های ارائه‌شده توسط صالحی و همکاران در سال ۲۰۱۴ (۱۸) و زولیاس و همکارش (۲۰۰۲) (۱۹) مطابقت داشت.

جدول ۲- تایج پردازش تصویر مغز کیک های

تیمارها	L*	a*	b*
شاهد	۸۷/٤۲±٥/٥۹^{a}	-۲/٤۲±۱/۷٤^{a}	۳۱/٤۲±٤/۱۹^{a}
۲٥٪ جایگزینی	۸٦/۳٦±٦/٥۱^{ab}	-۱/۳۰±۰/۹۳^{b}	۳۳/٥۳±۳/۱٥^{a}
٥۰٪ جایگزینی	۸٤/۹۱±٤/۷٦^{b}	-۰/۸٤±۱/۱٤^{c}	۳٥/٦٦±٤/۰٤^{a}
۷٥٪ جایگزینی	۸۳/۷۲±٤/۱٥^{c}	۰/٥۹±۱/۰۱^{d}	۳٦/۰۷±۳/۹۱^{a}
۱۰۰٪ جایگزینی	۸۳/۹۸±٥/٥۷^{c}	۱/٦٤±۱/۲٤^{e}	۳۷/۳۰±٤/۰۱^{a}

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهندۀ تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۰٥ /۰است.(میانگین ± انحراف معیار)

۳-۱۱ نتایج ارزیابی حسی کیک

نتایج مربوط به ارزیابی حسی انجام‌شده بر روی نمونه‌های کیک در جدول ۳ نشان داده‌شده است. طبق جدول کیک شاهد و نمونه با ۲٥٪، ٥۰٪، ۷٥٪ و ۱۰۰٪ جایگزین چربی از لحاظ ۴ صفت طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی موردبررسی قرار گرفتند. همان طور که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۲۰٪ جایگزین چربی در میان سایر تیمارها بالاترین امتیاز را در صفت طعم به دست آورد که نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط کودینا و همکارانش (۲۰۰۶) مطابقت دارد. استفاده از E1442 به‌عنوان یک بهبوددهنده بافت و کمپلکس با سایر اجزا نقش بسیار مهمی در بهبود طعم محصول دارد. هم‌چنین کاربرد E1442 به‌عنوان یک ترکیب بهبوددهنده طعم، رنگ و بافت سبب شد تا نمونه کیک تیمار شده با ٥۰٪ جایگزین چربی در مقایسه با سایر تیمارها بالاترین امتیاز را از لحاظ پذیرش کلی کسب نماید. نقش چربی در ایجاد بافت، طعم و ظاهر محصول سبب شد با افزایش میزان جایگزین چربی به سطح ۱۰۰٪ کاهش معنی‌دار در مقبولیت نمونه کیک مورد نظر پدید آید. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه‌شده توسط ترکمانی (۱۳۹۱) (۱) و دامن افشان و همکارانش (۱۳۹۴) مطابقت داشت (۲).

جدول ۳- نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های کیک کم‌کالری

تیمار	طعم	رنگ	بافت	پذیرش کلی
شاهد	۲/۸۹^{b*}	۳/٥۹ ^{a}	۳/٦۱ ^{a}	۳/۱۹ ^{b}
۲٥٪ جایگزینی	۲/٤٥ ^{c}	۱/۸۹ ^{c}	۱/۸۱^{cd}	۲/۱٦ ^{cd}
٥۰٪ جایگزینی	۳/۲٥ ^{a}	۳/۱۲ ^{b}	۳/۲۷ ^{b}	۳/٤۳ ^{a}
۷٥٪ جایگزینی	۲/۲۱ ^{d}	۱/۸۱ ^{d}	۱/۷۹ ^{cd}	۲/۱۲ ^{cd}
۱۰۰٪ جایگزینی	۱/۳۲ ^{e}	۱/۳۱ ^{e}	۱/۲۳ ^{e}	۱/۱۸ ^{e}

* مقادیر داده‌ها به‌صورت میانگین±انحراف استاندارد می‌باشد. حروف متفاوت لاتین در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ٥٪ می‌باشد.

٤-نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش حاکی از آن بود که با افزایش میزان E1442، حجم مخصوص خمیر کیک افزایش یافت (P<۰/۰۵). اما در مقابل در خمیر تیمار شده با ۲۵٪ جایگزین چربی اختلاف معنی‌داری از لحاظ صفت حجم مخصوص در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده نشد (P>۰/۰۵). نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی انجام‌شده بر روی نمونه‌های کیک بیانگر آن بود که، جایگزین کردن چربی با E1442 به میزان ۲۵٪ اختلاف معنی‌داری در میزان رطوبت، aw، ارتفاع در مقایسه با نمونه شاهد ایجاد نکرد (P>۰/۰۵) اما با افزایش سطح E1442 و کاهش هرچه بیشتر چربی از فرمولاسیون اختلاف معنی‌داری در نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های کیک مشاهده شد (P<۰/۰۵) به‌طوری‌که با افزایش میزان جایگزینی در سطح ۱۰۰٪ پایین‌ترین سطح رطوبت، aw و ارتفاع در تیمار مورد نظر حاصل گردید. بنابراین همین امر سبب کاهش کیفیت نمونه‌های با ۵۰٪ جایگزین چربی به بالا شد. ازآنجایی‌که مصرف انواع کیک از جمله کیک‌های روغنی با استقبال مصرف‌کنندگان روبروست به دلیل بالا بودن میزان چربی موجود در فرمولاسیون این محصول، کاربرد E1442 به‌عنوان یک نشاسته مقاوم به هضم (فیبر غذایی) با دارا بودن خواص فیبر در تولید کیک‌های روغنی به‌منظور بالا بردن خواص تغذیه‌ای و تکنولوژیکی و جلوگیری از اثرات سوء مصرف چربی بر سلامتی افراد، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از افزودن E1442 به خمیر در جهت تولید کیک کم‌چرب لذا می‌توان استفاده از E1442 را در تولید کیک‌های روغنی کم‌چرب پیشنهاد نمود.

٥-منابع

۱. ترکمانی، م. ۱۳۹۱. استفاده از نشاسته اصلاح شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات به عنوان جایگزین روغن در سس مایونز، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی دامغان.

۲. دامن افشان، پ. صالحی فر، م. غیاثی طرزی، ب. باخدا، ح ۱۳۹٤. بررسی امکان استفاده از اینولین در تولید کیک پروبیوتیک کم چرب، اولین همایش و نمایشگاه تخصصی روش های افزایش ماندگاری فرآورده های غذایی.

۳. سازمان ملی استاندارد، ۱۳۸۵، کیک ـ ویژگی ها و روش های آزمون، شماره ۲۵۵۳، تجدیدنظر سوم.

٤. فرحناکی، ع. مجذوبی، م. مصباحی، غ. ۱۳۸۸. خصوصیات و کاربردهای هیدروکلوئیدها در مواد غذایی و دارویی. نشر علوم کشاورزی، ۱۱۲-۱۸۵.

۵. مهرآرا، س. ۱۳۸۸. تاثیر هیدروکلوئیدهای گوار و زانتان بر روی کیفیت کیک اسفنجی، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.

6. Aragon-Alegro, L.C., Alegro, J.H.A., Cardarelli, H.R., Chiu, M.C., Saad, S.M .I. 2007. Potentially probiotic and synbiotic chocolate mousse. LWT-*Food Science and technology*, 40(4):669-675.
7. Chen, K.N., Chen, M.J., Liu, J.R., Lin, C.W., Chiu, H.Y. 2005. Optimization of incorporated prebiotics as coating materials for probiotic microencapsulation. *Journal of food science*, 70(5):M260-M266.
8. Codină, G.G., Bilan, E. 2006. Using Inulin in Bakery Products. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 12(1):225-230.
9. Filipović, J., Filipović, N.A.D.A., Filipović, V. 2010. The effects of commercial fibres on frozen bread dough. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75(2): 195-207.
10. Filipović, J., Popov, S., Filipović, N. 2008. The behavior of different fibers at bread dough freezing. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly/CICEQ*, 14(4):257-259.
11. Gibson, G.R., Ottaway, P.B., & Rastall, R.A. 2000. Prebiotics: new

developments in functional foods. Oxford, UK: Chandos.

12. Hager, A.S., Ryan, L.A., Schwab, C., Gänzle, M.G., O'Doherty, J.V., Arendt, E.K. 2011. Influence of the soluble fibres inulin and oat β-glucan on quality of dough and bread. *European Food Research and Technology*, 232(3):405-413.
13. Hussein, E.A, El-Beltagy, A.E., Gaafor, A.M. 2011. Production and Quality Evaluation of Low Calorie cake. *American Journal of Food Technology*, 6(9):827-834.
14. Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A., Katnas, S. 2007. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar-and fat-replacer. *Journal of Food Engineering*, 78(3): 953-964.
15. Morris, C., Morris, G.A. 2012. The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. *Food chemistry*, 133(2):237-248.
16. Moscatto, J.A., Borsato, D., Bona, E., Oliveira, A.S., Hauly, M.C. 2006. The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacon meal. International *journal of food science & technology*, 41(2):181-188.
17. Salehi, F., Kashaninejad,M., Asadi,F. and Najafi, A. 2016.Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. *J. Food Sci. Tech.*,53(3): 1418-1423.
18. Salehi, F., Kashaninejad,M.(2014). Effect of Different Drying Methods on Rheological and Textural Properties of Balangu Seed Gum. *Drying Tech.*, 32:720-727.
19. Zoulias, E.I., Oreopoulou, V., Tzia, C. 2002. Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate-or protein-based fat replacers. *Journal of Food Engineering*, 55(4): 337-342

(Original Research Paper)

Using of Modified Starch Hydroxypropyl Di Starch Phosphate (E1422) as a Fat Substitute in the Production of Low-calorie Cake

Arash Bashirian[1], Farzaneh Abdolmaleki [2*]

1-Msc student of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Bramch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Received:29/12/2017 Accepted: 11/04/2018

Abstract

Cake is a food product favored by consumers. Due to high amounts of fat and sugar in its formula and therefore high in calories, and long-term continuous use of this nutrient can cause obesity and subsequent health problems.In this study, the effect of hydroxypropyl di-starch phosphate (1442E) modified starch in the production of low-fat cakes were studied. (1442E) as a fat substitute in four levels 25, 50, 75 and 100 percent as research variables were considered. Physical characteristics such as dough specific volume, viscosity and cake physico-chemical properties such as moisture, fat, aw, pH, height and firmness were evaluated Pies. The results showed a significant difference between cake and a cake prepared with 25% fat replacement characteristics specific volume control, pH dough, humidity, aw, height and firmness, did not exist (P> 0/05). By increasing the amount of fat replacer 50% reduction in production was observed physico-chemical properties cakes (P <0/05).

Keywords: Fat replacer, Modified Starch, Hydroxypropyl di-starch Phosphate, E1442.

[*]Corresponding Author: fa.abdolmaleki@gmail.com