

## استفاده از نشاسته اصلاح شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات (E1442) به عنوان جایگزین چربی در تولید کیک کم کالری

آرش بشیریان<sup>1</sup>، فرزانه عبدالملکی<sup>2\*</sup>

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

2- عضو هیئت علمی گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

تاریخ پذیرش: 1397/01/22

تاریخ دریافت: 1396/10/08

### چکیده

کیک یک محصول غذایی مورد علاقه مصرف کنندگان برشمرده می شود. 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 می کند. از این روی جایگزین کردن بخشی از چربی موجود در فرمولاسیون محصول با جایگزین های چربی مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش بررسی تأثیر نشاسته اصلاح شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات (E1442) در تولید کیک کم چرب مورد بررسی قرار گرفت. (E1442) به عنوان جایگزین چربی در چهار سطح 25، 50، 75 و 100 درصد به عنوان متغیرهای پژوهش در نظر گرفته شد؛ ویژگی فیزیکی خمیر مانند حجم مخصوص، ویسکوزیته و ویژگی های فیزیکوشیمیایی کیک از جمله رطوبت، چربی، pH، ارتفاع، رنگ و سفتی بافت کیک ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تفاوت معنی دار میان کیک تهیه شده با 25 درصد جایگزین چربی و کیک شاهد در صفات حجم مخصوص، pH خمیر، رطوبت،  $a_w$  ارتفاع و سفتی بافت کیک وجود نداشت ( $P>0/05$ ). با افزایش میزان جایگزینی چربی به میزان 50 درصد کاهش معنی داری در ویژگی های فیزیکوشیمیایی کیک های تولید شده مشاهده شد ( $P<0/05$ ).

**واژه های کلیدی:** جایگزین چربی، نشاسته اصلاح شده، نشاسته اصلاح شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات.

\*مسئول مکاتبات: [fa.abdolmaleki@gmail.com](mailto:fa.abdolmaleki@gmail.com)

## 1-مقدمه

گرفته شده در فرمولاسیون کیک است بنابراین بهترین نوع انتخاب از انواع کیک‌های موجود در بازار نوع روغنی آن می‌باشد تا تغییرات اعمال شده آشکارتر محسوس گردد. کیک روغنی کیکی است که در آن میزان روغن افزوده شده حداقل 10% وزن محصول باشد. این کیک می‌تواند دارای مغزی، پوشش، تزئین و یا به صورت 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 انجام شده بر روی کیک تولید شده عبارت‌اند از رطوبت، پروتئین، چربی، اندیس پراکسید، اسیدیته، فعالیت آبی، pH و خاکستر غیر محلول در اسید (3). چربی در کیک روغنی نقش بسیار مهمی در محبوس نگه داشتن هوای ایجاد شده در مرحله مخلوط کردن خمیر کیک دارد که در نتیجه‌ی آن بافت متخلخل کیک حاصل می‌شود (5). جایگزین کردن بخشی از چربی در فرمولاسیون کیک روغنی با نشاسته اصلاح شده افزون بر ساختن بافت مناسب و متخلخل می‌تواند اثرات مطلوبی را به همراه داشته باشد. به گونه‌ای که نشاسته اصلاح شده سبب مرطوب نگه داشتن 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 اصلاح شده در فرمولاسیون کیک می‌باشد (6). بنا بر موارد ذکر شده بر آن شدیم تا در این تحقیق با به کارگیری از نشاسته اصلاح شده هیدروکسی پروپیل دی استارچ فسفات (E1442) به عنوان یک جایگزین مناسب چربی به تولید کیک کم کالری و مناسب پردازیم و همچنین آن چیزی که این پژوهش را نسبت به دیگر پژوهش‌ها متمایز می‌کند این است که بررسی‌های انجام شده 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

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 (16). تغییر الگوی زندگی به سوی زندگی ماشینی سبب افزایش بروز بیماری‌های غیر واگیردار از جمله بیماری‌های قلبی، چاقی و سرطان شده است. به گونه‌ای که این بیماری‌ها علل عمده مرگ‌ومیر در کشورهای توسعه یافته و رو به توسعه به ویژه در سال‌های اخیر به شمار می‌روند (3). آگاهی عموم مردم نسبت به مسائل سلامت و بهداشت، سبب شده است تا تقاضا جهت تولید فرآورده‌های کم کالری و باکیفیت که مقدار روغن و قند آن‌ها کم باشد، افزایش پیدا کند (7). نشاسته مهم‌ترین پلی ساکارید ذخیره‌ای در گیاهان است که نقش مهمی را در صنعت غذا بازی می‌کند، به عنوان مثال شیرین‌کننده‌های تهیه شده از نشاسته سابقه استفاده طولانی مدتی دارند. کاربرد تازه‌تر نشاسته به عنوان جانشین چربی است. در سال‌های اخیر در کشورهای پیشرفته، به کارگیری فرآورده‌هایی که دارای محتوای چربی کاهش یافته‌ای هستند، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. جانشین‌های چربی از لحاظ ساختمان شیمیایی به چربی‌ها، پروتئین‌ها و یا کربوهیدرات‌ها شباهت دارند و به طور کلی به دو گروه جایگزین‌های چربی و چربی‌های تقلیدی تقسیم‌بندی می‌شوند (4). انگیزه اصلی از تولید تمام جایگزین‌های چربی، کمک به کاهش کالری تولید شده 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 (6). براساس استاندارد ملی ایران 3 نوع کیک وجود دارد که شامل کیک روغنی، کیک اسفنجی و کیک کامل می‌باشد (3). نوع کیک مورد بررسی در این پژوهش کیک روغنی است انگیزه این گزینش همان‌گونه از عنوان پژوهش مشخص است جایگزین کردن نشاسته اصلاح شده با روغن به کار

## 2-2- 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 2553 صورت پذیرفت (3).  
 مرحله دوم: آزمون‌های خمیرشامل تعیین ویسکوزیته با استفاده از دستگاه ویسکومتر، تعیین دانسیته و حجم مخصوص با روش گیسون و همکاران (2000) صورت پذیرفت (11).  
 مرحله سوم: تهیه کیک که فرمولاسیون کیک شاهد و نمونه‌ها در جدول زیر قابل مشاهده است.

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.

## 2- مواد و روش‌ها

### 1-2- مواد موردنیاز

E1442 مورد استفاده در این تحقیق از شرکت نشنال استارچ آمریکا، سوریتول از شرکت ROQUETT مالزی، مونودی از شرکت Palasgard-RADIA-، گلیسرین از شرکت VAnce، لاسنور LASENOR فرانسه، گلیسرین از شرکت VAnce، بلوند RGY مالزی، اسانس از شرکت Givaudan ترکیه و وانیل پودری از شرکت Plus-aromsa ایران تهیه گردید.

جدول 1- فرمولاسیون کیک شاهد و نمونه‌ها (18)

مواد اولیه	نمونه شاهد	نمونه حاوی 25%	نمونه حاوی 50%	نمونه حاوی 75%	نمونه حاوی 100%
آرد	35	35	35	35	35
روغن	10	7/5	5	2/5	0
شکر	22	22	22	22	22
نمک	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3
بیکنگ پودر	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
امولسیفایر	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
تخم مرغ	10/9	10/9	10/9	10/9	10/9
آب	17	17	17	17	17
اینورت	2	2	2	2	2
وانیل	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
E1442	0	2/5	5	7/5	10
جمع کل	100	100	100	100	100

### مراحل تهیه کیک

3- در پایان آرد، E1442، وانیل، بیکنگ پودر، اینورت و نمک اضافه می‌شود و 3 دقیقه با سرعت متوسط همزن، هم زده می‌شود.  
 4- خمیر به دست آمده در قطعات 100 گرمی وزن شده و در داخل قالب‌هایی که از قبل دیواره آن با روغن چرب شده منتقل می‌شود.

1- ابتدا تخم مرغ به همراه شکر و امولسیفایر به مدت 3 دقیقه با سرعت تند همزن، هم زده می‌شود.  
 2- سپس روغن، به همراه آب به مخلوط اضافه می‌شود و به مدت 3 دقیقه با سرعت تند همزن، هم زده می‌شود.

## 2-5- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، تجزیه و تحلیل نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی و تمامی آزمون‌ها در 3 بار تکرار انجام شد. برای مقایسه ی میانگین تیمارها از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (دانکن) در سطح احتمال 5% استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار گراف پد پریسما انجام شد. همچنین جهت رسم نمودارها از نرم افزارهای اکسل استفاده شد.

## 3- نتایج و بحث

### 3-1 نتایج میزان ویسکوزیته خمیر کیک

استفاده از جایگزین چربی در سطح 25% منجر به کاهش ویسکوزیته خمیر کیک شد و با افزایش میزان جایگزین چربی افزایش معنی داری در این صفت مشاهده گردید به طوری که تیمار ساخته شده با 50% جایگزین چربی به بالا بیشترین میزان ویسکوزیته را در مقایسه با دیگر تیمارها داشته است ( $P < 0.05$ ). نتایج تحقیقات موریس و همکارش در سال 2012 نشان داد که افزودن مقادیر بالایی از E1442 به خمیر سبب خواهد شد تا زمان انبساط خمیر به میزان قابل ملاحظه ای افزایش یابد که این امر ناشی از واکنش E1442 با شبکه پروتئینی آرد می باشد که در نتیجه با تغییر ویژگی های الاستیسیته خمیر و کاهش ظرفیت نگهداری گاز، افزایش ویسکوزیته خمیر را در پی خواهد داشت (15). همچنین E1442 به عنوان یک فیبر محلول در آب ظرفیت نگهداری آب بسیار بالایی دارد به طوری که با انحلال E1442 در آب، میکروکریستال هایی تشکیل می شود که با قرار گرفتن آب در داخل شبکه های آن کاهش رطوبت از ساختار خمیر ایجاد خواهد شد؛ بنابراین با کاهش میزان رطوبت باقیمانده در ساختار خمیر، ویسکوزیته افزایش می یابد. احتمال می رود که عدم تشکیل میکروکریستال توسط E1442 در مقادیر کم از دلایل کاهش ویسکوزیته خمیر تیمار شده با 25% جایگزین چربی بوده باشد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش های ارائه شده توسط ترکمانی (1391) و دامن افشان و همکاران (1394) مطابقت داشت (1 و 2).

5- قالب‌ها به مدت 30 دقیقه در آون با دمای  $175^{\circ}\text{C}$  قرار داده می شود. در پایان قالب‌ها از آون خارج شده و به مدت یک ساعت در دمای اتاق خنک شده و سپس در پوشش سلفون بسته بندی می شوند (18).

مرحله چهارم: آزمون های محصول نهایی

تعیین مقدار رطوبت و  $a_w$  که طبق استاندارد ملی ایران به شماره 2553 انجام شد (3).

اندازه گیری حجم مخصوص کیک با استفاده از دستگاه تعیین حجم Seed Volume Apparatus ویژه محصولات نانویی مثل کیک صورت گرفت (18).

اندازه گیری رنگ محصول با استفاده از دستگاه رنگ سنج DP25 HunTer lab D - 9000 صورت گرفت (7).

تعیین بافت: سفتی و پایداری بافت کیک مورد آزمون با استفاده از دستگاه بافت سنج Hounsfield اندازه گیری شد (18).

ارتفاع کیک: با استفاده از کولیس ارتفاع کیک اندازه گیری شد (9 و 10). چربی: به کمک دستگاه سوکسله میزان چربی محصول اندازه گیری شد (3). pH: به کمک دستگاه pH متر، pH محصول اندازه گیری شد (3).

### 2-3- آزمون های حسی

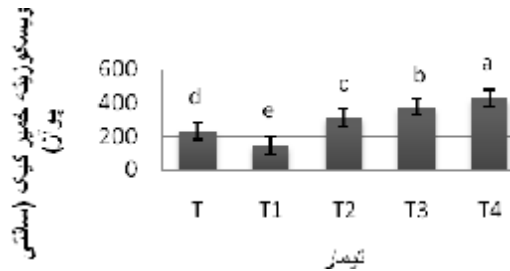
ویژگی های حسی مانند رنگ، طعم و بافت با استفاده از روش هدونیک 1 توسط 8 نفر ارزیاب آموزش دیده با تکمیل پرسش نامه ارزیابی، ارزیابی خواهد شد. عدد 1 نشان دهنده پایین ترین امتیاز داده شده توسط ارزیاب و عدد 9 بالاترین امتیاز خواهد بود (7).

### 2-4- متغیرهای مورد بررسی در قالب یک مدل

مفهومی و شرح چگونگی بررسی و اندازه گیری متغیرها این آزمایش با استفاده از 5 تیمار و 3 تکرار به ازای هر تیمار انجام خواهد شد که در آن تیمارها عبارت اند از:

شاهد

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



شکل 1- مقایسه میانگین زیستکوزیته خمیر نمونه‌های کیک کم کالری

T1= تیمار کیک دارای 25 درصد E1442 , T2 = تیمار کیک دارای 50 درصد E1442

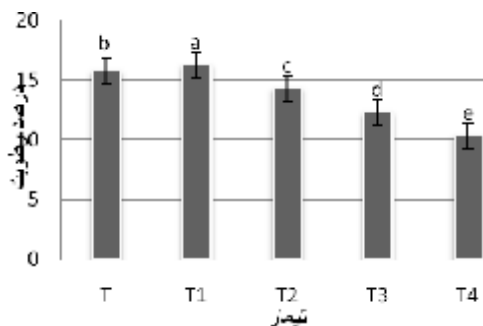
T3= تیمار کیک دارای 75 درصد E1442 T4= تیمار کیک دارای 100 درصد E1442

T= تیمار شاهد فاقد E1442

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 (13). همچنین همان‌گونه که اشاره شد مهم‌ترین عاملی که می‌تواند در رابطه با کاهش رطوبت نمونه‌های کیک موثر باشد، تشکیل میکرو کریستال‌هایی توسط E1442 است که با محبوس شدن آب در داخل شبکه‌های آن، کاهش رطوبت در محصول نهایی مشاهده خواهد شد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه شده توسط کوسر و همکاران (2007) (14) و دامن افشان و همکارانش (1394) مطابقت داشت (2).

### 2-3 نتایج میزان رطوبت کیک

نتایج حاصل از اندازه‌گیری رطوبت کیک‌های کم کالری و نمونه شاهد در شکل 2 نشان داده شده است. نمونه با 25% جایگزین چربی اختلاف معنی‌داری در محتوای رطوبتی با نمونه شاهد نداشت ( $P>0/05$ ). کمترین محتوای رطوبتی در نمونه تهیه شده با 100% جایگزین چربی مشاهده شد ( $P<0/05$ ). نتایج مشابه در نتیجه جایگزینی چربی با E1442 در محتوای رطوبتی توسط موریس و همکارش (2012) (15) و هاگر و همکارانش (2011) گزارش شد (12) که با نتایج به دست آمده در این پژوهش هم‌خوانی داشت. نتایج بررسی‌های کودینا و همکارانش (2006) نشان داد که E1442 در مقایسه با سایر فیبرها به دلیل نوع



شکل 2- مقایسه میانگین رطوبت نمونه‌های کیک کم کالری

T1= تیمار کیک دارای 25 درصد E1442 , T2 = تیمار کیک دارای 50 درصد E1442

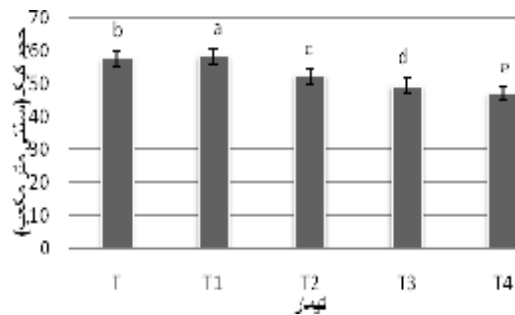
T3= تیمار کیک دارای 75 درصد E1442 T4= تیمار کیک دارای 100 درصد E1442

T= تیمار شاهد فاقد E1442

## 3-3 نتایج میزان حجم کیک

استفاده از جایگزین چربی در سطح 50% به بالا منجر به کاهش معنی دار در حجم کیک گردید ( $P < 0/05$ ) در حالی که نمونه کیک تهیه شده با 25% جایگزین چربی اختلاف معنی داری در صفت حجم با نمونه شاهد نداشت ( $P > 0/05$ ). حجم کیک نشان دهنده میزان هوا، بخار آب تولید شده، دی اکسید کربن و میزان تغییرات آن در طول

پخت در خمیر کیک می باشد. لذا مهم ترین دلیل کاهش حجم نمونه های کیک با مقادیر بالای E1442، واکنش E1442 با شبکه گلو تن می باشد که این عامل سبب خواهد شد تا ظرفیت نگهداری گاز در ساختار محصول کاهش یابد و کاهش حجم نمونه های کیک را به همراه داشته باشد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش های ارائه شده توسط موسکاتو و همکاران (2006) (3) و دامن افشان و همکارانش (1394) هم خوانی داشت (2).



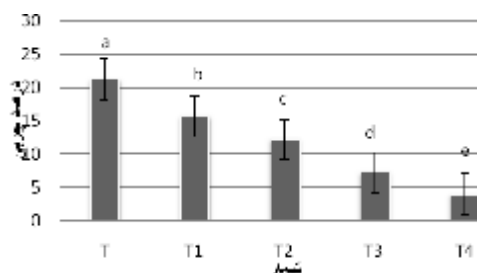
شکل 3- مقایسه میانگین حجم نمونه های کیک کم کالری

تیما ر کیک دارای 50 درصد E1442 = T2 ، تیمار کیک دارای 25 درصد E1442 = T1  
 تیمار کیک دارای 100 درصد E1442 = T4 تیمار کیک دارای 75 درصد E1442 = T3  
 تیمار شاهد فاقد E1442 = T

## 4-3 نتایج میزان چربی کیک

نتایج حاصل از بررسی میزان چربی بر اساس وزن ماده خشک کیک در شکل 4 نشان داده شده است. با توجه به نتایج درج شده در جدول 5، تمامی تیمارها کاهش معنی داری در میزان چربی در مقایسه با نمونه کنترل داشته اند ( $P < 0/05$ ). با افزایش میزان E1442 جایگزین

شده، از میزان چربی موجود در فرمولاسیون کاسته شد به طوری که پایین ترین سطح چربی مربوط به نمونه با 100% جایگزینی به میزان 3/92% بوده است. نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش های ارائه شده توسط ترکمانی (1391) (1) و دامن افشان و همکارانش (1394) مطابقت داشت (2).



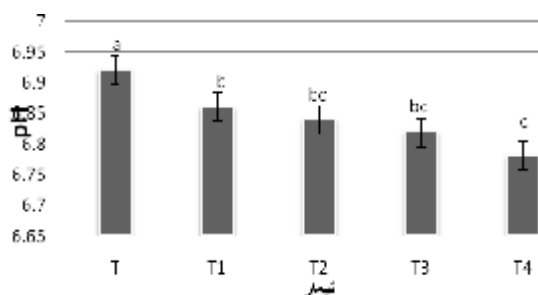
شکل 4- مقایسه میانگین درصد چربی نمونه های کیک کم کالری

تیما ر کیک دارای 50 درصد E1442 = T2 ، تیمار کیک دارای 25 درصد E1442 = T1  
 تیمار کیک دارای 100 درصد E1442 = T4 تیمار کیک دارای 75 درصد E1442 = T3  
 تیمار شاهد فاقد E1442 = T

## 3-5 نتایج میزان pH کیک

نمونه‌های کیک با نمونه شاهد مشاهده نگردید و این امر از برای نزدیک بودن pH نشاسته اصلاح شده به سایر اجزای فرمولاسیون می‌باشد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه شده توسط دامن افشان و همکارانش (1394) مطابقت داشت (2).

نتایج بررسی اثر همزمان روز نگهداری و درصدهای مختلف E1442 مورد استفاده در فرمولاسیون کیک در شکل 5 آمده است همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش جایگزینی E1442 به خمیر تفاوتی در میزان pH



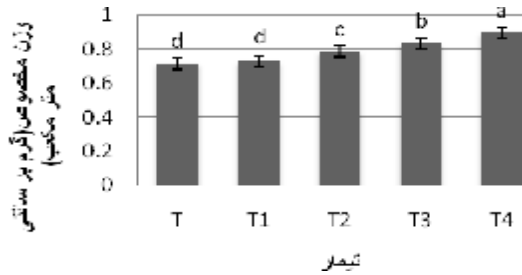
شکل 5- مقایسه میانگین pH نمونه‌های کیک کم کالری

T1= تیمار کیک دارای 50 درصد استویا E1442, T2 = تیمار کیک دارای 25 درصد E1442  
 T3= تیمار کیک دارای 100 درصد E1442, T4= تیمار کیک دارای 75 درصد E1442  
 T= تیمار شاهد فاقد E1442

های حاوی میزان E1442 بیشتر مشاهده شد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه شده توسط دامن افشان و همکارانش (1394) مطابقت داشت (2). طبق مشاهدات به دست آمده با خروج هرچه بیشتر چربی از ساختار خمیر، به دلیل سفت تر شدن بافت خمیر عمل مخلوط کردن سخت تر و نامناسب تر 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 قرار گرفته، به همین جهت وزن مخصوص افزایش یافت. همچنین نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه شده توسط زولپاس و همکاران (2002) (19) و موسکاتو و همکاران (2006) (16) و حسین و همکاران (2011) مطابقت داشت (13).

## 3-6 نتایج میزان وزن مخصوص کیک

نتایج مقایسه میانگین وزن مخصوص نمونه‌های خمیر حاوی درصدهای مختلف E1442 و خمیر شاهد در جدول 7 نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، جایگزین کردن چربی با E1442 در سطح 50% به بالا سبب افزایش معنی دار وزن مخصوص نمونه خمیر شد ( $P < 0/05$ ). با این حال اختلاف معنی داری در وزن مخصوص نمونه خمیر شاهد و نمونه خمیر حاوی 25% جایگزین چربی مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ). 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 ایجاد شده داشته باشد وزن مخصوص خمیر کاهش یافته 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



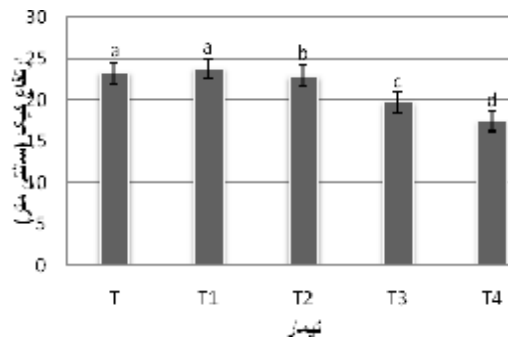
شکل 6- مقایسه میانگین وز مخصوص خمیر نمونه‌های کیک کم‌کالری

تیما ر کیک دارای 50 درصد E1442, T2 = E1442, تیمار کیک دارای 25 درصد E1442 T1 =  
 تیمار کیک دارای 100 درصد E1442, T4 = E1442, تیمار کیک دارای 75 درصد E1442 T3 =  
 تیمار شاهد فاقد E1442 T =

معنی‌داری در صفت ارتفاع ایجاد نشد ( $P > 0/05$ ) اما در نمونه حاوی 50% 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 (1394) (2) و موسکاتو و همکاران (2006) مطابقت داشت (16).

### 3-7 نتایج میانگین ارتفاع کیک

نتایج مقایسه میانگین ارتفاع نمونه کیک شاهد و نمونه‌های حاوی درصد‌های مختلف E1442 در نمودار 7 نشان داده‌شده است. با توجه به نتایج میان نمونه کیک شاهد، نمونه حاوی 25% جایگزین چربی از لحاظ آماری اختلاف



شکل 7- مقایسه میانگین ارتفاع نمونه‌های کیک کم‌کالری

تیما ر کیک دارای 50 درصد E1442, T2 = E1442, تیمار کیک دارای 25 درصد E1442 T1 =  
 تیمار کیک دارای 100 درصد E1442, T4 = E1442, تیمار کیک دارای 75 درصد E1442 T3 =  
 تیمار شاهد فاقد E1442 T =

جایگزین کردن چربی با E1442 به میزان 50%، 75% و 100% به تدریج کاهش معنی‌داری در aw تیمارهای مورد نظر ایجاد شد ( $P < 0/05$ ). از دلایلی که در رابطه با کاهش aw کیک‌های حاوی میزان E1442 بالا می‌توان به آن

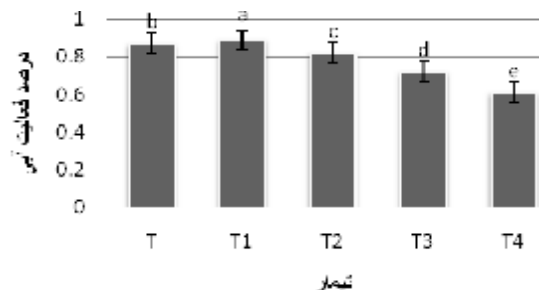
### 3-8 نتایج میزان aw کیک

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



کیک‌های حاوی E1442 ایجاد شد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه شده توسط زولیا و همکاران (2002) (17) و دامن افشان و همکارانش (1394) مطابقت داشت (2).

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 قابل دسترس را کاهش داده و بنابراین کاهش در aw



شکل 8- مقایسه میانگین درصد فعالیت آبی نمونه‌های کیک کم‌کالری

T1= E1442 25 درصد دارای تیمار کیک دارای 50 درصد E1442, T2 =

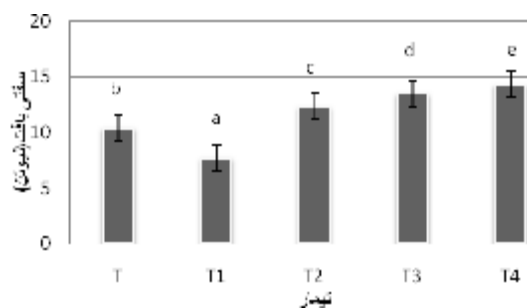
T3= E1442 75 درصد دارای تیمار کیک دارای 100 درصد E1442, T4=

T= تیمار شاهد فاقد E1442

( $P < 0/05$ ). لذا مهم‌ترین دلیل سفتی بافت نمونه‌های کیک با مقادیر بالای E1442، واکنش E1442 با شبکه گلو تن 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 به دست آمده در این پژوهش با گزارش‌های ارائه شده توسط موسکاتو و همکاران (2006) (16) و صالحی و همکارانش (2016) هم‌خوانی داشت (17).

### 3-9 نتایج سنجش بافت کیک

بافت مواد غذایی به عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی محصول، نقش مهمی در پذیرش کلی توسط مصرف‌کنندگان دارد. همان‌طور که در شکل 9 ملاحظه می‌شود، بین نمونه‌های کیک اختلاف معنی‌داری از نظر سفتی وجود دارد و در مقایسه با نمونه شاهد، سفتی نمونه‌ها افزایش یافته است و جایگزین کردن چربی با E1442 در 4 سطح سبب افزایش معنی‌دار وزن مخصوص نمونه خمیر شد



شکل 9- مقایسه میانگین سفتی بافت نمونه‌های کیک کم‌کالری

T1= E1442 25 درصد دارای تیمار کیک دارای 50 درصد E1442, T2 =

T3= E1442 75 درصد دارای تیمار کیک دارای 100 درصد E1442, T4=

T= تیمار شاهد فاقد E1442

## 10-3 نتایج سنجش رنگ کیک

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 به دست آمده در این پژوهش با بررسی های ارائه شده توسط صالحی و همکاران در سال 2014 (18) و زولیا و همکارش (2002) (19) مطابقت داشت.

از نتایج نشان داده شده در جدول 2 مشخص است که با افزایش جایگزین کردن چربی با E1442 میزان روشنایی (L) کاهش یافته و نمونه ها تیره تر شده اند. نمونه حاوی 100 % 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

جدول 2- تایچ پردازش تصویر مغز کیک های

تیمارها	L*	a*	b*
شاهد	87/42±5/59 <sup>a</sup>	-2/42±1/74 <sup>a</sup>	31/42±4/19 <sup>a</sup>
25% جایگزینی	86/36±6/51 <sup>ab</sup>	-1/30±0/93 <sup>b</sup>	33/53±3/15 <sup>a</sup>
50% جایگزینی	84/91±4/76 <sup>b</sup>	-0/84±1/14 <sup>c</sup>	35/66±4/04 <sup>a</sup>
75% جایگزینی	83/72±4/15 <sup>c</sup>	0/59±1/01 <sup>d</sup>	36/07±3/91 <sup>a</sup>
100% جایگزینی	83/98±5/57 <sup>c</sup>	1/64±1/24 <sup>e</sup>	37/30±4/01 <sup>a</sup>

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال 05/0 است. (میانگین ± انحراف معیار)

## 11-3 نتایج ارزیابی حسی کیک

اجزا نقش بسیار مهمی در بهبود طعم محصول دارد. هم چنین کاربرد E1442 به عنوان یک ترکیب بهبوددهنده طعم، رنگ و بافت سبب شد تا نمونه کیک تیمار شده با 50% 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 100% کاهش معنی دار در مقبولیت نمونه کیک مورد نظر پدید آید. نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش های ارائه شده توسط ترکمانی (1391) (1) و دامن افشان و همکارانش (1394) مطابقت داشت (2).

نتایج مربوط به ارزیابی حسی انجام شده بر روی نمونه های کیک در جدول 3 نشان داده شده است. طبق جدول کیک شاهد و نمونه با 25، 50، 75، 100% جایگزین چربی از لحاظ 4 صفت طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی مورد بررسی قرار گرفتند. همان طور که مشاهده می شود نمونه حاوی 20% جایگزین چربی در میان سایر تیمارها بالاترین امتیاز را در صفت طعم به دست آورد که نتایج به دست آمده در این پژوهش با گزارش های ارائه شده توسط کودینا و همکارانش (2006) مطابقت دارد. استفاده از E1442 به عنوان یک بهبوددهنده بافت و کمپلکس با سایر

جدول 3- نتایج ارزیابی حسی نمونه های کیک کم کالری

تیمار	طعم	رنگ	بافت	پذیرش کلی
شاهد	2/89 <sup>b*</sup>	3/59 <sup>a</sup>	3/61 <sup>a</sup>	3/19 <sup>b</sup>
25% جایگزینی	2/45 <sup>c</sup>	1/89 <sup>c</sup>	1/81 <sup>cd</sup>	2/16 <sup>cd</sup>
50% جایگزینی	3/25 <sup>a</sup>	3/12 <sup>b</sup>	3/27 <sup>b</sup>	3/43 <sup>a</sup>
75% جایگزینی	2/21 <sup>d</sup>	1/81 <sup>d</sup>	1/79 <sup>cd</sup>	2/12 <sup>cd</sup>
100% جایگزینی	1/32 <sup>e</sup>	1/31 <sup>e</sup>	1/23 <sup>e</sup>	1/18 <sup>e</sup>

\* مقادیر داده ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد می باشد. حروف متفاوت لاتین در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار میانگین ها در سطح احتمال 5% می باشد.

## 4- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در این پژوهش حاکی از آن بود که با افزایش میزان E1442، حجم مخصوص خمیر کیک افزایش یافت ( $P < 0/05$ ). اما در مقابل در خمیر تیمار شده با 25% جایگزین چربی اختلاف معنی داری از لحاظ صفت حجم مخصوص در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ). نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های کیک بیانگر آن بود که، جایگزین کردن چربی با E1442 به میزان 25% اختلاف معنی داری در میزان رطوبت، aw، ارتفاع در مقایسه با نمونه شاهد ایجاد نکرد ( $P > 0/05$ ) اما با افزایش سطح E1442 و کاهش هرچه بیشتر چربی از فرمولاسیون اختلاف معنی داری در نتایج به دست آمده از آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های کیک مشاهده شد ( $P < 0/05$ ) به طوری که با افزایش میزان جایگزینی در سطح 100% پایین‌ترین سطح رطوبت، aw و ارتفاع در تیمار مورد نظر حاصل گردید. بنابراین همین امر سبب کاهش کیفیت نمونه‌های با 50% جایگزین چربی به بالا شد. از آنجایی که مصرف انواع کیک از جمله کیک‌های روغنی با استقبال مصرف‌کنندگان روبروست به دلیل بالا بودن میزان چربی موجود در فرمولاسیون این محصول، کاربرد E1442 به عنوان یک نشاسته مقاوم به هضم (فیبر غذایی) با دارا بودن خواص فیبر در تولید کیک‌های روغنی به منظور بالا بردن خواص تغذیه‌ای و تکنولوژیکی و جلوگیری از اثرات سوء مصرف چربی بر سلامتی افراد، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از افزودن E1442 به خمیر در جهت تولید کیک کم‌چرب لذا می‌توان استفاده از E1442 را در تولید کیک‌های روغنی کم‌چرب پیشنهاد نمود.

## 5- منابع

2. دامن افشان، پ. صالحی فر، م. غیائی طرزی، ب. باخدا، ح 1394. بررسی امکان استفاده از اینولین در تولید کیک پروبیوتیک کم چرب، اولین همایش و نمایشگاه تخصصی روش های افزایش ماندگاری فرآورده های غذایی.
3. سازمان ملی استاندارد، 1385، کیک - ویژگی ها و روش های آزمون، شماره 2553، تجدیدنظر سوم.
4. فرحناکی، ع. مجذوبی، م. مصباحی، غ. 1388. خصوصیات و کاربردهای هیدروکلئیدها در مواد غذایی و دارویی. نشر علوم کشاورزی، 112-185.
5. مهرآرا، س. 1388. تاثیر هیدروکلئیدهای 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. Codinã, 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

1. ترکمانی، م. 1391. 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.

- 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  $\beta$ -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., Haully, 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