

ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی کیک روغنی غنی شده با اینولین و آرد نخود

مریم قره خانی^۱، اسماعیل عطای صالحی^{۱*}، اورنگ عبوض زاده^۲

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران
۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۹

چکیده

کیک در بین افراد جامعه به خصوص کودکان و نوجوانان طرفداران زیادی دارد. بر این اساس می‌تواند یکی از محصولات مهم جهت انتقال ترکیبات با ارزش تغذیه‌ای بالا نظیر پری‌بیوتیک‌ها و پروتئین باشد. از این رو هدف از این تحقیق بررسی اثر اینولین به عنوان ماده‌ای پری‌بیوتیک در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد و آرد نخود (*Cicer arietinum*) به عنوان منبعی غنی از پروتئین در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد در قالب طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل بر ویژگی‌های کمی و کیفی کیک روغنی بود. نتایج نشان داد که افزودن اینولین و آرد نخود به فرمولاسیون کیک به خصوص در حالت ترکیبی قادر به افزایش فعالیت آبی، رطوبت، حجم مخصوص و تخلخل، بهبود رنگ و همچنین عدم تغییرات معنی دار سفتی بافت نمونه‌ها در فواصل زمانی ۲ ساعت و یک هفته پس از پخت نسبت به نمونه شاهد گردید. براساس نتایج حاصل از بررسی اثر تیمارها بر ویژگی‌های حسی کیک مشخص شد که نمونه‌ی حاوی ۲/۵ درصد اینولین و ۱۰ درصد آرد نخود از نظر ویژگی‌های حسی شامل آروما، طعم و مزه، رنگ ظاهری، بافت و پذیرش کلی نسبت به نمونه شاهد بهتر بود. در حالت کلی نتایج نشان داد که محصول حاوی ۵ درصد اینولین و ۱۰ درصد آرد نخود بهترین نتیجه را از نظر ویژگی‌های کمی و کیفی کیک داشت.

واژه های کلیدی: غنی سازی کیک، اینولین، آرد نخود، خواص حسی.

*مسئول مکاتبات: eatayesalehi@yahoo.com

۱- مقدمه

امروزه مصرف کنندگان مواد غذایی اهمیت بیشتری به کیفیت و سلامت مواد غذایی می دهند و بنابراین تقاضای زیادی برای تولید محصولات غذایی کم کالری وجود دارد (۷). استفاده از رژیم غذایی کم چرب با توجه به بروز انواع بیماری های مختلف نظیر افزایش کلسترول سرم خون، دیابت، اضافه وزن و بیماریهای قلبی - عروقی مورد توجه متخصصین تغذیه و پژوهشگران قرار گرفته است (۱۴). با هدف تولید مواد غذایی کم چرب استفاده از ترکیباتی نظیر فیبرهای گیاهی که به عنوان فیبر رژیمی شناخته شده اند، معمول گردیده است (۱۶). فیبرهای رژیمی گروهی از کربوهیدرات ها هستند که بوسیله آنزیم های دستگاه گوارش هضم نشده و در روده بزرگ توسط فلور طبیعی (میکروبی) تحت تخمیر قرار می گیرند. فیبرها علاوه بر خواص تغذیه ای، دارای ویژگی های سلامتی بخش نیز هستند و به همین دلیل غذاهای حاوی فیبرها را مواد غذایی دارای عملکرد (فراویژه یا فراسودمند) گویند (۲۰). فیبرها در فرمولاسیون مواد غذایی به طور گسترده بکار می روند. ویژگی هایی نظیر توانایی جذب و نگهداری آب، توانایی تغییر کاتیون ها و نیز قدرت جذب چربی و از طرفی کاهش مقدار آن، افزایش مدت نگهداری، بهبود کیفیت ماده غذایی (نظیر بو، بافت، طعم و مزه)، خاصیت امولسیفایری، تشکیل کف و پایداری آن، تغییر در ویسکوزیته، بهبود ژلاتینه شدن، از ویژگی های تکنولوژی فیبرهاست (۲۲، ۱۸). در میان پری بیوتیک ها بیشتر تحقیقات روی اینولین انجام شده است و بیشتر کشور ها آن را در دسته فیبر های رژیمی قرار داده اند. داده های علمی نشان می دهد که مصرف روزانه ۵ گرم اینولین دارای اثرات پری بیوتیکی است. اینولین مقاوم به اسید معده، هیدرولیز توسط آنزیم پستانداران و جذب در دستگاه گوارش است. جنبه ی ویژه ساختمان اینولین پیوندهای $\beta(1-2)$ است، این پیوند ها از هضم اینولین جلوگیری کرده و مسئول ارزش کالری کمتر و اثرات مربوط به فیبر های رژیمی است. در حقیقت اینولین واژه ای

است که به مخلوط ناهمگونی از پلی مرهای خطی فروکتوز (فروکتان) اطلاق می شود، که به طور گسترده ای در طبیعت و کربوهیدرات های ذخیره ای گیاهان پراکنده هستند و در تنظیم فشار اسمزی گیاه به منظور مقابله در شرایط سرما و خشکی عمل می کنند. پس از نشاسته، اینولین فراوان ترین کربوهیدرات ذخیره ای در گیاهان است. اینولین در بیش از ۳۶۰۰۰ گیاه به طور طبیعی وجود دارد ولی در موز، گندم، پیاز، سیر و بویژه در کاسنی به میزان بیشتری دیده می شود. (۱۷). از اینولین به عنوان جایگزین چربی در تولید فراورده های غذایی کم کالری، حجم دهنده، فیبر رژیمی و یا جانشین قند در قرص ها، در مواد غذایی بدون گلوتن در رژیم غذایی افراد مبتلا به سیلیاک و همچنین پایدار کننده مواد غذایی در برابر انجماد و ذوب شدن استفاده می شود (۱۱). در اکثر کشورهای جهان که از نظر مواد غذایی دچار مشکلاتی هستند، مقدار کم پروتئین و پائین بودن کیفیت آن از جمله مسائل تغذیه ای می باشد. طبق مطالعات انجام شده اثرات سوء ناشی از کمبود پروتئین و ویتامین های خاص را می توان با استفاده از حبوبات نظیر نخود تأمین نمود. نخود با دارا بودن ۱۲/۴ تا ۲۸/۱ درصد پروتئین خام، ۵۰ تا ۶۰ درصد انواع کربوهیدرات ها، حدود ۶ درصد روغن و مقدار قابل توجهی فسفر، آهن، کلسیم و انواع ویتامین ها به عنوان یک جزء مهم در بین کشورهای توسعه یافته که به کیفیت رژیم غذایی خود اهمیت می دهند، مطرح است (۳). امروزه از فرآورده ها و محصولات حاوی فیبر نظیر نخود، یولاف، ذرت و سبوس غلات برای افزودن به مواد غذایی استفاده می کنند. از این ترکیبات به منظور غنی سازی مواد غذایی به ویژه نان و فرآورده های غلات نظیر کیک و کلوچه بهره می برند (۱۲). افزایش مدت زمان نگهداری نان، کیک و کلوچه با به کارگیری فیبرهای گیاهی به اثبات رسیده است. این ویژگی به قدرت افزایش ظرفیت نگهداری آب مرطوب می شود که مربوط به واکنش بین نشاسته و فیبر می باشد (۲۵). امروزه بکارگیری فیبرهای گیاهی در فرمول فرآورده های آردی مورد مطالعه بسیاری از محققین قرار گرفته است (۲۵). کیک یکی از

خریداری شد. آرد نخود نیز از بازار محلی استان خراسان رضوی خریداری گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه کیک روغنی

در ابتدا به منظور تهیه خمیر کیک، روغن، پودر شکر و تخم مرغ با استفاده از یک همزن برقی (Electra EK-230M) با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه و در مدت زمان ۶ دقیقه مخلوط شدند تا یک کرم حاوی حباب‌های هوا ایجاد گردد. سپس آب و شربت اینورت به این کرم اضافه شد و عمل همزدن به مدت ۴ دقیقه ادامه یافت. در مرحله بعد بیکنینگ پودر و وانیل به آرد گندم اضافه گردید و مخلوط حاصل بصورت تدریجی به کرم افزوده شد. در این پژوهش متغیر مورد بررسی اینولین (در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد) و آرد نخود (در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) بود که به مخلوط اضافه گردید. در ادامه با استفاده از یک قیف پارچه ای ۵۵ گرم از خمیر تهیه شده، درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب‌ها قرار گرفته بودند، ریخته شد. سپس عمل پخت در فر آزمایشگاهی گردان (Zuccihelli Forni، ایتالیا) با هوای داغ در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام گردید. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته بندی و در دمای محیط نگهداری شدند (۲).

۲-۲-۲- آزمون‌ها

۲-۲-۲-۱- اندازه‌گیری درصد رطوبت کیک

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC (۲۰۰۰) به شماره ۱۶-۴۴ استفاده گردید (۸).

۲-۲-۲-۲- اندازه‌گیری فعالیت آبی کیک

به منظور تعیین فعالیت آبی وزن‌های مساوی از هر نمونه کاملاً خرد و آسیاب گردیده گردیدند و فعالیت آبی نمونه‌ها توسط دستگاه aw متر (مدل تستو ۲۰۰، ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد (۲).

محصولات غذایی پر مصرف به شمار می‌رود که به دلیل قند و چربی بالا متخصصین تغذیه مصرف کم آن را در رژیم‌های غذایی توصیه می‌کنند. لذا با بهبود ارزش غذایی کیک می‌توان محصولی سالم‌تر به بازار عرضه نمود (۷). شاروبا و همکاران (۲۰۱۳) اثر جایگزینی آرد گندم با ضایعات پرتقال، تفاله سیب، پوست سیب زمینی و پوست نخود سبز، به عنوان منابع فیبرهای غذایی، در سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰، بر خواص بافتی و حسی کیک را بررسی کردند و گزارش نمودند که نمونه شاهد دارای کمترین سفتی و حجم مخصوص و نمونه دارای ۲۰ درصد آرد پوست نخود سبز بیشترین سفتی و حجم مخصوص را داشتند. از نظر پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری بین شاهد و تیمارهای دارای ۵ درصد ضایعات کشاورزی وجود نداشت (۲۴). بنابراین در این تحقیق اثر افزودن اینولین در سطوح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد، به عنوان ماده‌ای پروبیوتیک و آرد نخود در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد، به عنوان منبعی غنی از پروتئین، در قالب طرح کاملاً تصادفی بر پایه فاکتوریل بر ویژگی‌های کمی و کیفی کیک بررسی و ارزیابی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد ستاره با درجه استخراج ۸۱ درصد، از کارخانه آرد گل‌مکان (مشهد، ایران) خریداری گردید. برای این منظور آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات یکجا تهیه و در سردخانه نگهداری گردید. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات شامل شکر، روغن نباتی مایع و بیکنینگ پودر از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی خریداری و تخم مرغ تازه نیز یک روز قبل از تولید روزانه کیک‌ها تهیه و در یخچال نگهداری شد. شربت اینورت نیز مطابق با دستورالعمل موجود در استاندارد ملی ایران به شماره ۸۰۲۵ تدوین شده در سال ۱۳۸۳ تهیه گردید (۵). اینولین پروبیوتیک از شرکت ارافتی^۱ ساخت کشور بلژیک

۳-۲-۲-۲-۲-۳- اندازه گیری میزان حجم مخصوص کیک
 برای اندازه گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی
 حجم با دانه کلزا مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره
 ۷۲-۱۰ استفاده شد (۸). برای این منظور در فاصله زمانی ۲
 ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از
 مرکز هندسی کیک تهیه گردید و حجم مخصوص آن از
 طریق رابطه‌ی زیر تعیین شد.

$$U = V_{\text{cake}} / m_{\text{cake}}$$

۴-۲-۲-۲-۴- ارزیابی بافت کیک

ارزیابی بافت کیک در فاصله زمانی ۲۴ و یک هفته پس از
 پخت، بر اساس روش روندا و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده
 از دستگاه بافت سنج Farnell, (CNS) Hertfordshire
 ساخت انگلیس انجام گرفت (۲۱). حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای
 استوانه ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با
 سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز کیک، بعنوان شاخص
 سفتی محاسبه گردید.

۵-۲-۲-۲-۵- ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک در فاصله زمانی ۲
 ساعت و یک هفته پس از پخت، از تکنیک پردازش تصویر
 استفاده شد (۱۳).

۶-۲-۲-۲-۶- آزمون خصوصیات حسی کیک

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب زاده
 (۱۹۹۱) انجام شد، به این ترتیب که ۱۰ ارزیاب آموزش
 دیده با روش امتیازدهی هدونیک ۵ نقطه ای تحت شرایط
 مشابه نور، دما و رطوبت ویژگی‌های حسی نمونه ها را
 ارزیابی کردند (۱۹).

۳-۲-۳- طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده ها

جهت بررسی نتایج اثر مقدار اینولین و آرد نخود بر خواص
 فیزیکوشیمیایی، ویژگی‌های تغذیه‌ای، بافتی و حسی کیک،
 از طرح آماری کاملاً تصافی در قالب فاکتوریل استفاده شد.
 اطلاعات با استفاده از نرم افزار آماری SAS ویرایش ۹/۱
 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین
 ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال برابر با
 ۰/۰۵ با همین نرم افزار انجام گردید. متغیرهای فرآیند شامل
 غلظت اینولین (در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد) و آرد
 نخود (در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) بود. تمامی
 آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. جهت مقایسه میانگین
 نمونه های تیمار شده با نمونه شاهد نیز نرم افزار Mstst c
 بکار برده شد. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار Excel
 Microsoft 2007 استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

مشخصات آرد گندم و آرد نخود با استفاده از روش‌های
 استاندارد AACC (۲۰۰۰) تعیین گردید (۸) و به شرح
 جدول ۱ بود.

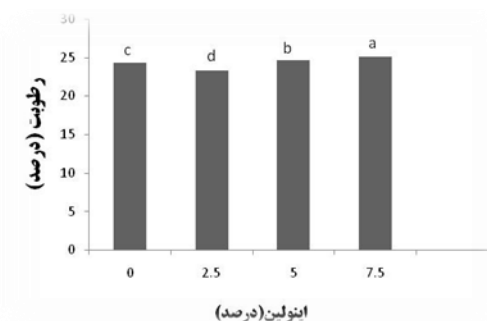
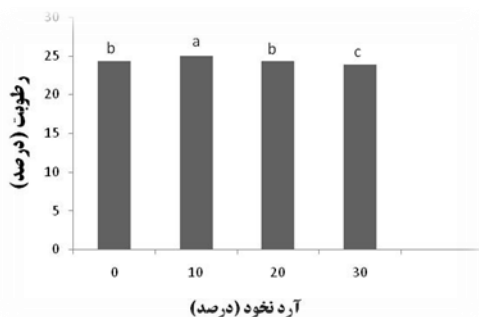
جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آرد گندم و آرد نخود

خصوصیات کیفی	آرد گندم	آرد نخود
رطوبت (گرم در صد گرم)	۱۳/۶	۸/۶
پروتئین (گرم در صد گرم)	۱۰/۵	۵۸/۹
نشاسته (گرم در صد گرم)	-	۳۰/۲
خاکستر (گرم در صد گرم)	۰/۶۴	-
گلوتن مرطوب (گرم در صد گرم)	۲۶/۷	-
عدد فالینگ (ثانیه)	۴۰۲	-

۳-۱- بررسی اثر مستقل و متقابل متغیرها بر رطوبت کیک

اثرات مستقل و متقابل غلظت های مختلف اینولین و آرد نخود بر میزان رطوبت محصول نهایی به ترتیب در شکل ۱ و جدول ۳ نشان داده شده است. در رابطه با اثر مستقل متغیرها بر مقدار رطوبت کیک، نتایج نشان داد که نمونه های حاوی ۷/۵ و ۲/۵ درصد اینولین به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار رطوبت بودند، در حالی که در مورد آرد نخود نمونه های دارای ۱۰ و ۳۰ درصد آرد نخود به ترتیب حاوی بیشترین و کمترین مقدار رطوبت بودند. براساس نتایج اثر متقابل مشخص گردید که ترکیب اینولین و آرد نخود به با نسبت ۷/۵ درصد اینولین و ۱۰ درصد آرد نخود بیشترین اثر را در افزایش میزان رطوبت محصول نهایی نسبت به نمونه شاهد داشت (جدول ۳). علت افزایش میزان رطوبت نمونه ها نسبت به شاهد با افزایش مقدار

اینولین احتمالاً قدرت بالای اینولین در جذب و نگهداری آب در حین فرآیند پخت و نگهداری است، در حالیکه با افزایش مقدار آرد نخود به دلیل قابلیت جذب و نگهداری آب پایین تر پروتئین آن نسبت به پروتئین گلوتن مقدار رطوبت محصول نهایی کاهش یافت. در همین راستا ایوبی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثر صمغ گزانتان و گوار بر میزان رطوبت کیک روغنی به این نتیجه دست یافتند که این دو صمغ به طور معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد قادر به افزایش میزان این پارامتر نسبت به نمونه فاقد صمغ بودند (۲). نقی پور و همکاران (۱۳۹۱) نیز با بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از صمغ های گوار و گزانتان به نتیجه مشابهی دست یافتند بدین معنی که با افزایش میزان صمغ های گوار و گزانتان در نمونه درصد رطوبت محصول نهایی افزایش یافت (۶).

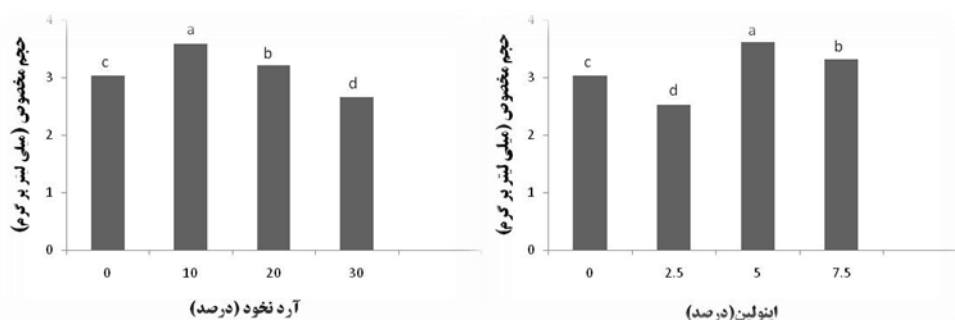


شکل ۱- اثر مستقل اینولین و آرد نخود بر میزان رطوبت کیک (حروف مشابه در هر شکل از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی داری ندارند).

۳-۲- بررسی اثر مستقل و متقابل متغیرها بر حجم مخصوص کیک

اثرات مستقل و متقابل غلظت های مختلف اینولین و آرد نخود بر میزان حجم مخصوص محصول نهایی به ترتیب در شکل ۲ و جدول ۳ نشان داده شده است. در رابطه با اثر مستقل متغیرها بر میزان حجم مخصوص کیک، نتایج نشان داد که نمونه های حاوی ۵ و ۲/۵ درصد اینولین به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان حجم مخصوص بودند، در حالی که در مورد آرد نخود نمونه های دارای ۱۰ و ۳۰ درصد آرد نخود به ترتیب حاوی بیشترین و کمترین میزان حجم مخصوص بودند. براساس نتایج اثر متقابل مشخص گردید که ترکیب اینولین و آرد نخود به نسبت ۵ و ۷/۵ درصد اینولین و ۱۰ درصد آرد نخود بیشترین اثر را در افزایش میزان حجم مخصوص محصول نهایی نسبت به

نمونه شاهد داشت (جدول ۳). دلیل احتمالی افزایش حجم مخصوص کیک با افزایش مقدار اینولین تا سطح ۵ درصد تشکیل خمیری با قوام و ویسکزیته مناسب است که قادر به حفظ حباب های هوا به نحو مطلوب تری نسبت به نمونه شاهد می باشد، ولی در مقادیر بالاتر باعث افزایش بیش از حد قوام و سفتی خمیر و کاهش قابلیت نگهداری گاز در آن می شود. در رابطه با آرد نخود بدلیل عدم توانایی تشکیل شبکه گلوتن با قابلیت انبساط مناسب و نگهداری گاز، با افزایش مقدار آرد نخود حجم مخصوص کاهش یافته است. آروزآرنا و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی اثر صمغ گزانتان بر حجم کیک و سیارینا و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر صمغ بر میزان حجم محصولات خمیری بدون گلوتن بیان نمودند که استفاده از صمغ در افزایش حجم مؤثر است (۱۰ و ۲۳).



شکل ۲- اثر مستقل اینولین و آرد نخود بر میزان حجم مخصوص کیک

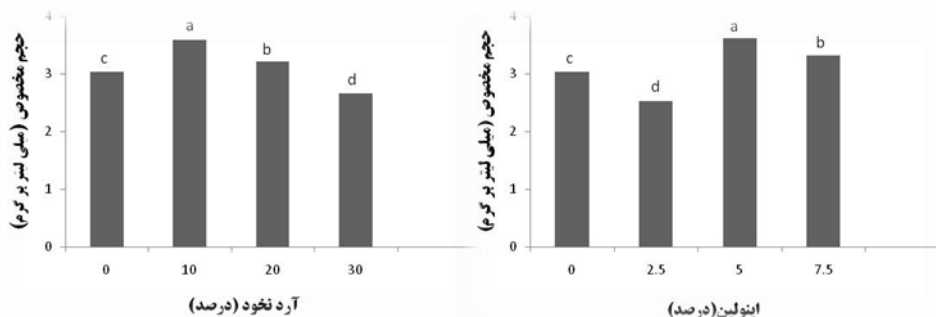
۳-۳- بررسی اثر مستقل و متقابل متغیرها بر تخلخل کیک

اثرات مستقل و متقابل غلظت های مختلف اینولین و آرد نخود بر میزان تخلخل محصول نهایی به ترتیب در شکل ۳ و جدول ۳ نشان داده شده است. در رابطه با اثر مستقل متغیرها بر میزان تخلخل کیک، نتایج نشان داد که نمونه های حاوی ۵ و ۲/۵ درصد اینولین به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان تخلخل بودند، در حالی که در مورد آرد نخود نمونه های دارای ۱۰ و ۲۰ درصد آرد نخود بدون تفاوت معنی دار بیشترین تخلخل و نمونه حاوی ۳۰ درصد کمترین میزان تخلخل را داشتند. براساس نتایج اثر متقابل

مشخص گردید که ترکیب اینولین و آرد نخود به نسبت ۵ درصد اینولین، ۱۰ و ۲۰ درصد آرد نخود بیشترین اثر را در افزایش میزان تخلخل محصول نهایی نسبت به نمونه شاهد داشت (جدول ۳). افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول های گازی و توزیع یکنواخت آن ها در بافت محصول است (۲۶). بر همین اساس اینولین تا سطح ۵ درصد با تشکیل خمیری یکنواخت با قوام مناسب باعث توزیع یکنواخت حباب های گاز در آن می شود ولی در مقادیر بالاتر بدلیل افزایش سفتی بافت خمیر به خاطر جذب آب بالای اینولین توزیع یکنواخت حباب های گاز دچار اختلال می شود. در مورد آرد نخود هم بدلیل

آن کمتر می شود. ایوبی و همکاران (۱۳۹۰) نتایج مشابهی را در نتیجه افزودن صمغ گووار و گزانتان به فرمولاسیون کیک روغنی و افزایش تعداد سلول‌های گازی بیان نمودند (۲).

جایگزینی پروتئین گلوتن با خاصیت ویسکوالاستیک با پروتئین های نخود که فاقد این خاصیت هستند بافت خمیر سفت تر و قابلیت توزیع یکنواخت حباب‌های هوا در داخل

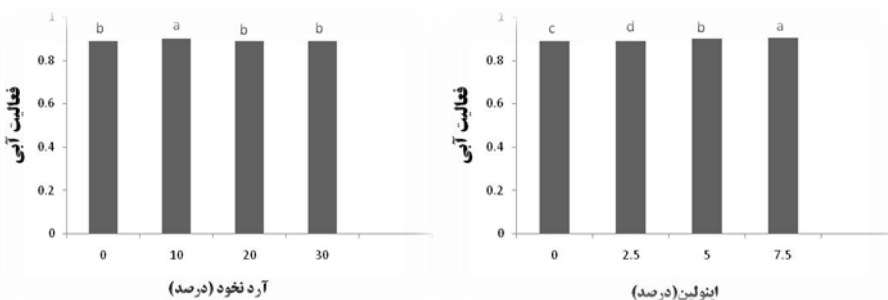


شکل ۳- اثر مستقل اینولین و آرد نخود بر میزان تخلخل کیک

تفاوت معنی دار بیشترین اثر را در افزایش میزان فعالیت آبی محصول نهایی نسبت به نمونه شاهد داشت (جدول ۳). بررسی نتایج نشان داد که روند تغییرات فعالیت آبی تا حد زیادی مشابه روند تغییرات رطوبت در محصول پخته شده بود، به طوری که با افزایش رطوبت محصول فعالیت آبی آن نیز روند افزایشی داشته است و در صورت کاهش یا تغییرات اندک رطوبت (مربوط به اثر آرد نخود) فعالیت آبی نیز روندی مشابه را طی کرده است. با توجه به اینکه بالا بودن رطوبت و فعالیت آبی در محصول نهایی سبب تاخیر در بیاتی و در نتیجه افزایش ماندگاری محصول می شود، بنابراین نمونه حاوی ترکیبی از ۷/۵ درصد اینولین و ۱۰ درصد آرد نخود با فعالیت آبی برابر ۰/۹۰۷ نتیجه بهتری را از نظر این پارامتر حاصل کرد (جدول ۳).

۳-۴- بررسی اثر متغیرهای مستقل و متقابل متغیرها بر فعالیت آبی کیک

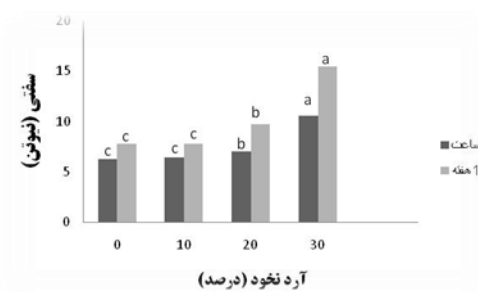
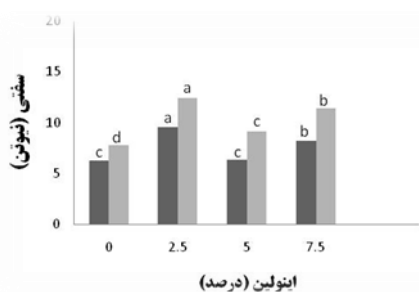
اثرات مستقل و متقابل غلظت های مختلف اینولین و آرد نخود بر فعالیت آبی محصول نهایی به ترتیب در شکل ۴ و جدول ۳ نشان داده شده است. در رابطه با اثر مستقل متغیرها بر میزان فعالیت آبی کیک، نتایج نشان داد که نمونه های حاوی ۷/۵ و ۲/۵ درصد اینولین به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان فعالیت آبی بودند، در حالی که در مورد آرد نخود نمونه های دارای ۲۰ و ۳۰ درصد آرد نخود و شاهد بدون تفاوت معنی دار کمترین فعالیت آبی و نمونه حاوی ۱۰ درصد بیشترین میزان فعالیت آبی را داشتند. براساس نتایج اثر متقابل مشخص گردید که ترکیب اینولین و آرد نخود به با نسبت ۷/۵ درصد اینولین، ۱۰ و ۲۰ درصد آرد نخود و ۵ درصد اینولین، ۱۰ درصد آرد نخود بدون



شکل ۴- اثر مستقل اینولین و آرد نخود بر میزان فعالیت آبی کیک

۳-۵- بررسی اثر مستقل و متقابل متغیرها بر سفتی کیک اثرات مستقل و متقابل غلظت های مختلف اینولین و آرد نخود بر سفتی محصول نهایی در فاصله زمانی ۲۴ ساعت و یک هفته پس از پخت، به ترتیب در شکل ۵ و جدول ۳ نشان داده شده است. با بررسی اثر مستقل اینولین در فاصله زمانی ۲۴ ساعت پس از پخت مشاهده شد که میزان سفتی به جز نمونه حاوی ۵ درصد اینولین، نسبت به نمونه شاهد به طور معنی داری ($P < 0.05$) افزایش یافت. نتایج در فاصله زمانی یک هفته پس از پخت نیز نتیجه مشابه بود، به طوری که غلظت ۵ درصد اینولین کمترین سفتی را نسبت به دو غلظت دیگر نشان داد، هرچند که نسبت به نمونه شاهد از نظر آماری تفاوت معنی داری داشت (شکل ۵). همانطور که مشاهده می شود در هر دو بازه زمانی پس از پخت میزان سفتی محصول نهایی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است، از طرفی بیشترین افزایش سفتی هم مربوط به غلظت ۲/۵ درصد می باشد که برای ۲۴ ساعت پس از پخت ۹/۵۶ نیوتن و برای یک هفته پس از نگهداری ۱۲/۴۳ نیوتن به دست آمد. با بررسی اثر مستقل آرد نخود در فاصله زمانی

۲۴ ساعت و یک هفته پس از پخت مشاهده شد که میزان سفتی محصول نهایی با افزایش غلظت آرد نخود از ۱۰ تا ۳۰ درصد روند افزایشی داشت به طوری که تنها غلظت ۱۰ درصد نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی داری نداشت، ولی دو غلظت ۲۰ و ۳۰ درصد در هر دو بازه زمانی پس از پخت، دارای روند افزایشی و تفاوت معنی داری نسبت به نمونه شاهد داشت. نتایج حاصل از بررسی اثرات متقابل این دو ترکیب بر روی سفتی محصول نشان داد که کیک حاوی ترکیبی از ۱۰ درصد آرد نخود و ۵ درصد اینولین پس از ۲۴ ساعت (۴/۸۶ نیوتن) و پس از یک هفته (۵/۸ نیوتن) دارای کمترین سفتی و بهترین نتیجه در مقایسه با نمونه شاهد بودند (جدول ۳). بیاتی یا سفت شدن بافت محصولات صنایع پخت در طول مدت زمان نگهداری، فرآیند پیچیده ای است که عوامل متعددی نظیر رتر و گراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است (۹).



شکل ۵- اثر مستقل اینولین و آرد نخود بر میزان سفتی کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت و یک هفته پس از پخت

جدول ۳- اثر متقابل اینولین و آرد نخود بر خصوصیات کمی و کیفی کیک

تیمار	اینولین (درصد)	آرد نخود (درصد)	رطوبت (درصد)	حجم مخصوص (ml/g)	فعالیت آبی	تخلخل (درصد)	سفتی (۲۴ ساعت سفتی (یک هفته پس از پخت) (نیوتن)	سفتی (یک هفته پس از پخت) (نیوتن)
شاهد	۰	۰	۲۴/۲۶bc	۳/۰۳ b	۰/۸۹ b	۲۰/۶۶ c	۶/۲۶f	۷/۷۶f
۱	۲/۵	۱۰	۲۳/۹۶ c	۲/۶۶ cd	۰/۸۹۷ b	۱۸/۷۳ e	۷/۷d	۹/۶e
۲	۲/۵	۲۰	۲۲/۹۶ d	۲/۵۶ ed	۰/۸۹۱ bc	۱۷/۷۳ f	۸/۸۶c	۱۱/۶۳d
۳	۲/۵	۳۰	۲۲/۹۶ d	۲/۳۳ e	۰/۸۸۹ c	۱۵/۹۳ g	۱۲/۱۳a	۱۶/۰۶b
۴	۵	۱۰	۲۵/۳۶ a	۴/۰۳ a	۰/۹۰۳ a	۲۲/۹ a	۴/۸۶h	۵/۸g
۵	۵	۲۰	۲۴/۵۳ b	۴ a	۰/۸۹۷ b	۲۲/۹ a	۵/۳۳g	۸f
۶	۵	۳۰	۲۳/۹۳ c	۲/۸۳ bc	۰/۸۹۷ b	۲۰/۳cd	۸/۸۳c	۱۳/۶۳c
۷	۷/۵	۱۰	۲۵/۴۶ a	۴/۰۳ a	۰/۹۰۷ a	۲۰/۶۳cd	۶/۸۶e	۷/۹۶f
۸	۷/۵	۲۰	۲۵/۴۳ a	۳/۰۶ b	۰/۹۰۳ a	۲۱/۷ b	۶/۹e	۹/۵۶e
۹	۷/۵	۳۰	۲۴/۵ b	۲/۸۳ bc	۰/۸۹۷ b	۲۰/۲۳ d	۱۰/۸۶b	۱۶/۷۳a

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی داری ندارند.

۳-۶- بررسی اثر مستقل و متقابل متغیرها بر خواص حسی کیک

نتایج حاصل از اثر مستقل اینولین و آرد نخود و همچنین اثرات متقابل این دو ترکیب بر روی خصوصیات حسی کیک به ترتیب در شکل های ۷ و ۸ و جدول ۴ نشان داده شده است.

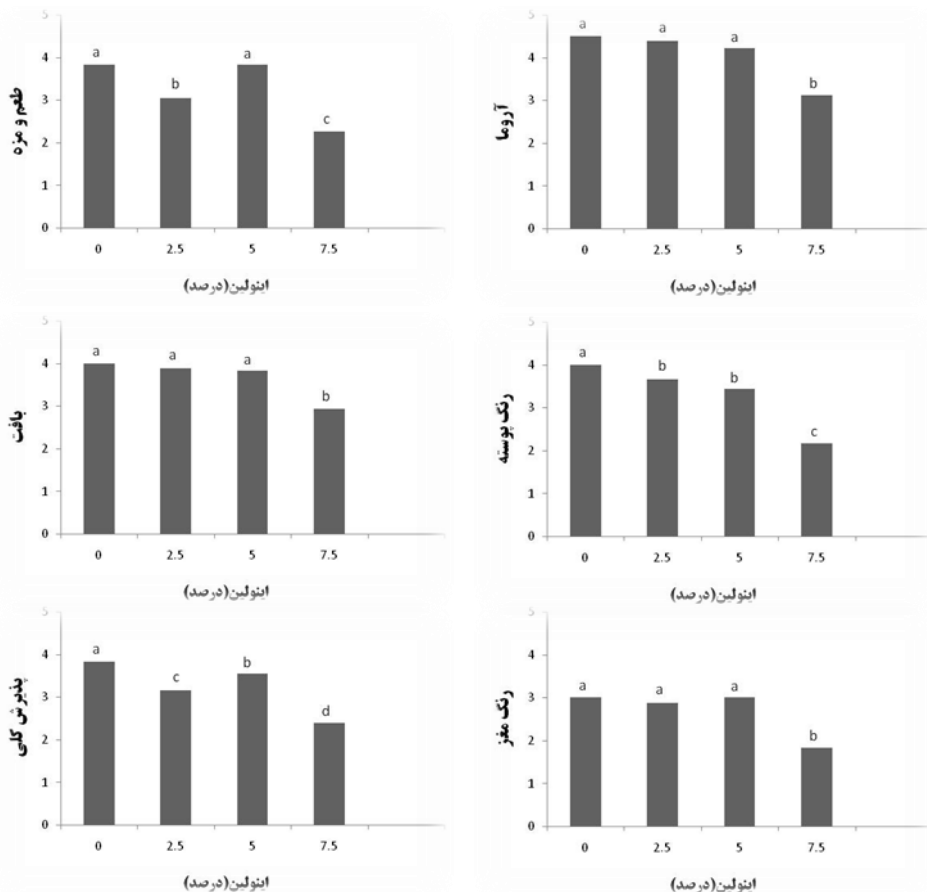
۳-۶-۱- اثر اینولین بر ویژگی های حسی کیک

با بررسی اثر مستقل اینولین مشاهده شد که از نظر آروما تفاوت معنی داری بین سطوح ۲/۵ و ۵ درصد اینولین و شاهد وجود نداشت و بیشترین امتیاز آروما را از نظر ارزیابیهای چشایی داشتند. نمونه حاوی ۷/۵ درصد امتیاز کمتری را نسبت به نمونه شاهد داشت (شکل ۷). بررسی اثر مستقل اینولین بر روی صفت طعم و مزه نشان داد که غلظت ۵ درصد اینولین دارای بیشترین امتیاز نسبت به سایر غلظت

ها بود به طوری که با نمونه شاهد در یک سطح بود و کمترین امتیاز مربوط به سطح ۷/۵ درصد بود (شکل ۷). در رابطه با رنگ پوسته نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اینولین پذیرش محصول از نظر رنگ پوسته کاهش یافت، به طوری که بیشترین و کمترین امتیاز مربوط به غلظت های ۲/۵ و ۷/۵ درصد بود. روند مشابهی نیز در مورد صفت رنگ مغز کیک از نظر داوران بدست آمد. بدین معنی که با افزایش غلظت اینولین امتیازدهی داوران به محصول کاهش یافت با این تفاوت که غلظت ۲/۵ و ۵ درصد با نمونه شاهد تفاوت معنی داری نداشت و تنها امتیاز ۷/۵ درصد از نظر کاهش با شاهد از نظر آماری متفاوت بود. روند امتیازدهی داوران به محصول نهایی از نظر بافت نیز کاهش بود بدین معنی که با افزایش غلظت تیمار نمونه امتیاز کمتری دریافت کرد. در نهایت با بررسی اثر مستقل

آردی از جمله کیک بیشتر تحت تاثیر واکنش های قهوه ای شدن در مرحله پخت است. در سطوح بالا و پایین اینولین به دلیل سفتی و شلی بیش از حد خمیر سرعت انجام این واکنش ها مطلوب نیست و به همین دلیل این ویژگی های حسی امتیاز کمتری از ارزیاب ها دریافت کردند.

غلظت های مختلف اینولین بر روی پذیرش کلی محصول نهایی توسط داوران آموزش دیده مشاهده شد که نمونه حاوی ۵ درصد اینولین بیشترین پذیرش و نمونه حاوی ۷/۵ درصد کمترین پذیرش را از نظر ارزیاب ها داشت. تغییرات آروما، طعم و مزه و همچنین رنگ پوسته و مغز محصولات



شکل ۷- اثر مستقل اینولین بر خصوصیات حسی کیک

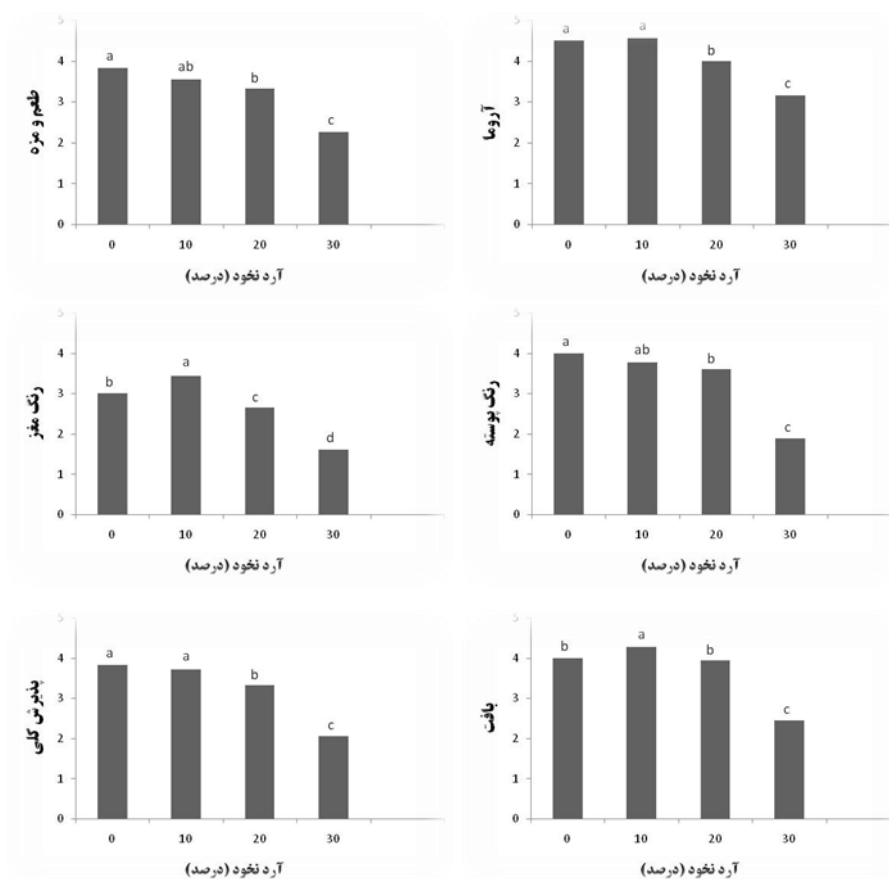
معنی دار بود ($P < 0.05$). بررسی اثر تیمارها بر روی رنگ مغز حاکی از بالا بودن امتیاز نمونه های حاوی ۱۰ درصد آرد نخود نسبت به سایر غلظت ها بود (شکل ۸). همانطور که مشاهده می شود با افزایش غلظت آرد نخود پذیرش محصول از نظر مطلوبیت رنگ مغز کاهش یافته به طوری که کمترین امتیاز مربوط به نمونه های حاوی ۳۰ درصد آرد نخود بود که به طور معنی داری نسبت به نمونه شاهد و سایر غلظت ها در سطح پایین تری قرار داشت. بررسی اثر مستقل سطوح آرد نخود بر روی بافت محصول نهایی حاکی از این بود که سطح ۱۰ درصد آرد نخود دارای

۳-۶-۲- اثر مستقل آرد نخود بر ویژگی های حسی کیک

اثر مستقل غلظت های مختلف آرد نخود بر روی خصوصیات حسی محصول نهایی در شکل ۸ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود از نظر صفات حسی آروما، طعم و مزه و رنگ پوسته سطح ۱۰ درصد آرد نخود دارای بیشترین امتیاز نسبت به سایر سطح ها بود به طوری که با نمونه شاهد در یک سطح قرار داشت، در حالی که نمونه های حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد آرد نخود امتیاز کمتری نسبت به نمونه شاهد داشتند و این تفاوت از نظر آماری

به نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد نخود بود که نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی داری نداشت. همانگونه که قبلا اشاره شد خواص حسی محصولات آردی اغلب تحت تاثیر واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی به ویژه واکنش میلارد در مرحله پخت است. افزودن آرد نخود در حد مطلوب، عنوان منبعی غنی از پروتئین به عنوان یکی از عوامل اصلی دخیل در واکنش میلارد، باعث انجام این واکنش در سطحی دلخواه و بهبود خواص حسی محصولات آردی می‌شود.

بالاترین امتیاز از نظر ارزیاب‌ها بود به طوری که اختلاف معنی داری با نمونه شاهد داشت ($P < 0.05$). در اینجا نیز مانند سایر صفات ذکر شده با افزایش غلظت آرد نخود از ۱۰ تا ۳۰ درصد پذیرش محصول از نظر مطلوبیت بافت کاهش یافت به طوری که کمترین امتیاز و پذیرش مربوط به نمونه حاوی ۳۰ درصد بود. در نهایت نتایج تاثیر سطوح مختلف آرد نخود بر روی پذیرش کلی محصول نهایی نشان داد که افزایش سطوح آرد نخود پذیرش محصول نهایی را کاهش داد به طوری که بیشترین امتیاز پذیرش کلی مربوط



شکل ۸- اثر مستقل آرد نخود بر خصوصیات حسی کیک

نخود دارای بیشترین پذیرش از نظر آروما، طعم و مزه، رنگ مغزی، مطلوبیت بافت و پذیرش کلی بود که این پذیرش و امتیاز از نظر آماری با نمونه‌های شاهد تفاوت معنی داری داشت (جدول ۴). Demirkesen و

۳-۶-۳- اثر متقابل اینولین و آرد نخود بر ویژگی‌های حسی کیک

با بررسی اثر متقابل تیمارها بر روی خصوصیات حسی مشخص شد که نمونه حاوی ۵ اینولین و ۱۰ درصد آرد

همکاران (۲۰۱۰)، Lazaridou و همکاران (۲۰۰۷)، ابراهیم پور و همکاران (۱۳۸۹) و صادق نیا و همکاران (۱۳۸۹) و نقی پور و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از صمغ در محصولات خمیری بدون گلوتن به این نتیجه دست یافتند که کاربرد صمغ ها در فرمولاسیون این دسته از محصولات توانایی بهبود خصوصیات حسی و در نتیجه افزایش پذیرش کلی محصول نهایی را در مقایسه با نمونه فاقد صمغ دارد (۱،۴، ۶ و ۱۵).

جدول ۴- اثر متقابل اینولین و آرد نخود بر خصوصیات حسی کیک

تیمار	آرد نخود	اینولین	آروما	طعم و مزه	رنگ پوسته	رنگ مغز	بافت	پذیرش کلی
شاهد	۰	۰	۴/۵ bc	۳/۸۳ b	۴ b	۳ c	۴ cd	۳/۸۳ bc
۱	۱۰	۲/۵	۴/۸۳ ab	۳/۳۳ c	۴/۱۶ ab	۴ a	۴/۵ ab	۳/۶۶ c
۲	۲۰	۲/۵	۴/۳۳ cd	۳/۱۶ c	۴/۱۶ ab	۲/۶۶ c	۴/۱۶ bc	۳/۵ c
۳	۳۰	۲/۵	۴ ed	۲/۶۶ d	۲/۶۶ d	۲ ed	۳ e	۲/۳۳ e
۴	۱۰	۵	۵ a	۴/۶۶ a	۴ b	۴/۱۶ a	۴/۶۶ a	۴/۵ a
۵	۲۰	۵	۴/۵ bc	۴/۶۶ a	۴/۵ a	۳/۱۶ b	۴/۵ ab	۴/۱۶ ab
۶	۳۰	۵	۳/۱۶ f	۲/۱۶ ed	۱/۸۳ e	۱/۶۶ e	۲/۳۳ f	۲ ef
۷	۱۰	۷/۵	۳/۸۳ e	۲/۶۶ d	۳/۱۶ c	۲/۱۶ d	۳/۶۶ d	۳ d
۸	۲۰	۷/۵	۳/۱۶ f	۲/۱۶ ed	۲/۱۶ e	۲/۱۶ d	۳/۱۶ e	۲/۳۳ e
۹	۳۰	۷/۵	۲/۳۳ g	۲ e	۱/۱۶ f	۱/۱۶ f	۲ f	۱/۸۳ f

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی داری ندارند.

۴- نتیجه گیری

اینولین که خواص فوق الذکر را فراهم می کرد غلظت ۵ درصد بود. بررسی اثر مستقل آرد نخود بر محصول نیز حاکی از این بود که با بکارگیری آرد نخود فعالیت آبی، رطوبت و همچنین سفتی محصول بعد از ۲ ساعت و یک هفته نگهداری محصول افزایش یافت، ولی این تیمار تاثیر معنی داری بر روی تخلخل محصول نداشته است و همچنین تا حدی باعث کاهش روشنی و افزایش تیرگی در محصول شده است. بهترین سطحی که برای آرد نخود انتخاب شد غلظت ۱۰ درصد بود زیرا در این سطح بیشترین تاثیر مثبت را بر خصوصیات کیک گذاشته است. در کل محصول حاوی ۵ درصد اینولین و ۱۰ درصد آرد نخود بهترین نتیجه را از نظر ویژگی های کمی و کیفی کیک داشت.

در این پژوهش جهت غنی سازی کیک از اینولین و آرد نخود به صورت مستقل و ترکیبی استفاده شد. نتایج نشان داد که این ترکیبات باعث بهبود خواص فیزیکوشیمیایی کیک می شود و در غلظت های موثر، تاثیر معنی داری نسبت به نمونه شاهد بر روی خصوصیات حسی محصول نهایی ندارد. با بکار بردن اینولین در ترکیب خمیر کیک میزان فعالیت آبی و رطوبت کیک را افزایش داد که به نوبه خود باعث تاخیر در بیاتی محصول نهایی و حفظ حالت تازگی محصول می شود. همچنین باعث افزایش حجم مخصوص و تخلخل در محصول نهایی و به مقدار کمی منجر به کاهش روشنی ظاهر محصول شد. بهترین سطحی از

۵- منابع

- جایگزینی ساکارز با اریتریتول و الیگوفروکتوز. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال هفتم، شماره ۱، ۹۲-۸۵.
8. AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
 9. Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B, Hess, W. M., and Huber, C, S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-335.
 10. Arozarena, I., Bertholo, M., Empise, j., Bunger, A., and Sousa, I. d. 2001. Study of the totalreplacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cake. *Europe Research Technology*. 213: 312-316.
 11. Franck, A. 2000. Inulin and oligofructose. In G. Gibson and F. Angus (Eds.), *LFRA ingredient handbook: prebiotics and probiotics* (pp. 1-18). Leatherhead: Leatherhead Publishing.
 12. Gorecka, D., Pacholek, B., Dziejcz, K and Gorecka, M.2010. Raspberry pomace as potential fiber source for cookies enrichment. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 9(4), 451-462.
 13. Haralick, R. M., K. Shanmugam., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
 14. Hoque, M.Z., Hossain, K. M. and Alter, F.2009. The effect of Lecithin-Anon-abxorbing emulisifying agent on cookie production. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(7), 1074-1077.
 15. Lazaridou, A., Duta, D., Pagageorgiou, M., Belc, N., and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten – free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79: 1033-1047.
 16. Lee, S., Warner, K.and Inglett, G.E. 2005. Rheological properties and baking performance of new oat β -
۱. ابراهیم پور، ن.، پیغمبر دوست، ه.، آزاد مرد دمیرچی، ص. و قنبرزاده، ب. ۱۳۸۹. تاثیر افزودن هیدروکلونیدهای مختلف روی ویژگی های حسی و بیاتی نان بدون گلوتن. مجله پژوهش های صنایع غذایی، جلد ۲۰/۳، شماره ۱.
 ۲. ایوبی، ا.، حبیبی نجفی، م. ب.، کریمی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر سطوح مختلف کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک روغنی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، دوره ۸، شماره ۲۹: ۸۸-۸۱.
 ۳. جلیلیان، ج.، مدرس ثانوی، ع.م. و صباغ پور، س.ح. ۱۳۸۴. اثر تراکم بوته و آبیاری تکمیلی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و میزان پروتئین چهار رقم نخود در شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره پنجم، ۹-۱.
 ۴. صادق نیا، ن.، عزیزی، م. ح. و سیدین، م. ۱۳۸۹. فرمولاسیون و تولید نان مسطح فاقد گلوتن با استفاده از هیدروکلونیدهای زانتان و CMC. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
 ۵. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۳، شربت اینورت- ویژگی ها، شماره ۸۰۲۵.
 ۶. نقی پور، ف.، حبیبی نجفی، م. ب.، کریمی، م. ۱۳۹۱. بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از سورگوم، شیر سویا و صمغ های گوار و گزانتان. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد.
 ۷. نور محمدی، ا.، پیغمبر دوست، ه. و اولاد غفاری، ع. ۱۳۹۱. تولید کیک کم کالری به وسیله

23. Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., and Perez, G. T. 2012. Incorporation of several additives into gluten free bread: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111(4): 590-579.
24. Sharoba, A.M., Farrag, M.A., and Abd El-Salam, A.M. 2013. Utilization some fruits and vegetables waste as a source of dietary fiber and its effect on the cake making and its quality attributes. *Jornal of agroalimentary processes and technologies*, 19(4): 429- 444.
25. Udarbe, M.A. 2003. Development of high fiber cookies enriched with antioxidants, Graduated student's thesis, Applied science, University of Melbourne, Australia.
26. Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszczak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1): 68-74.
- Glucan-rich hydrocolloides. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 9805-9809.
17. Lingyun, W., Jianhua, W., Xiaodong, Z., Da, T., Yalin, Y., Chenggang, C., Tianhua, F. and Fan, Z. 2007. Studies on the Extracting Technical Conditions of Inulin from Jerusalem artichoke Tubers. *Journal of Food Engineering*, 79: 1087–1093.
18. Prentice, N., kissell, L.T., Lindsay, R.C. and yamazaki, W.T. 1978. High – fiber cookies containing brewers' spent grain. *Cereal chemistry*, 55(5): 712- 721.
19. Rajabzadeh, N. 1991. Iranian Flat Bread Evaluation. Pp. 1-50, Iranian Cereal and Bread Research Institute, Publication no.71, Tehran, Iran.
20. Raseco, B. A., Rubenchater, G., Borhan, M and Dong, F.M. 1990. Banking properties of bread and cookies incorporation distillers or brewers grain from wheat or barley. *Journal of food science*, 55, 424 – 429.
21. Ronda, F., Gomes, M., Blanco, C. A., and Caballero, P. A. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar free sponge cakes. *Journal of Food Chemistry*, 90: 549-55.
22. Rosell, C.M., Rojas.J.A and Barber, B.2001. Influence of hydrocolloides on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloides*, 15, (1), 75-81.