

بهبود ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، بافتی و حسی کیک لایه‌ای تحت تأثیر جایگزینی زرده تخم مرغ با امولسیفایرهای ژلی تجاری

سیدهدادی پیغمبردوست^{۱*}، راحله بذرافشان^۲

۱. استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد، علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۱/۲۶)

چکیده

تخم مرغ یکی از اجزاء ضروری در فرمولاسیون کیک است. مشکلات عدیده‌ای اعم از آلودگی، وجود پس طعم تخم مرغی، کلسترول و اسیدیتته چربی بالای زرده در استفاده از تخم مرغ در صنعت کیک وجود دارد. اما حذف کامل تخم مرغ به دلیل خواص عملکردی آن مانند خواص مرطوب کنندگی، ایجاد حجم و نقش ساختمانی، حفظ تازگی، شرکت در واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و به دنبال آن توسعه پوسته مطلوب و عطر و طعم، امکان پذیر نیست. لذا هدف این مطالعه جایگزینی زرده تخم مرغ با سه نوع امولسیفایر ژلی تجاری متداول از یک طرف، برای بهبود خواص مختلف کیفی کیک لایه‌ای و از طرف دیگر، برای کاهش اسیدیتته چربی کیک بود. تیمارهای دیگر شامل تخم مرغ کامل (کنترل)، فقط سفیده و فقط زرده بودند تا تأثیر هر بخش تخم مرغ جداگانه بررسی شود. خواص فیزیکی خمیر مانند دانسیته و قوام، خواص فیزیکی کیک مانند حجم، ارتفاع، تقارن و سفتی بافت، خواص شیمیایی کیک مانند رطوبت، اسیدیتته چربی، عدد پراکسید و در نهایت خواص ارگانولپتیک کیک‌های حاوی امولسیفایر ژلی با نمونه کنترل و نمونه‌های حاوی زرده و سفیده تنها مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در اثر جایگزینی زرده با هر سه نوع امولسیفایر ژلی مورد استفاده، خواص فیزیکی خمیر، خواص شکلی کیک مانند اندازه، حجم و تقارن بهبود یافته، و کیک‌های حاوی امولسیفایرهای ژلی دارای بافت نرم‌تر، سفیدتر و عطر و طعم مطلوب‌تری نسبت به سایر تیمارها بودند. همچنین کیک‌های حاوی امولسیفایرهای ژلی دارای بافت مرطوب‌تری نسبت به بقیه تیمارها بوده و اسیدیتته چربی و عدد پراکسید آنها نیز پایین تر از بقیه نمونه‌ها بود. ضمناً قابلیت ماندگاری و نرمی بافت ارزیابی شده با روش حسی کیک‌های حاوی امولسیفایر ژلی به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از بقیه تیمارها بود.

واژه‌های کلیدی: امولسیفایر ژلی؛ کیک لایه‌ای؛ تخم مرغ؛ خواص فیزیکی شیمیایی، خواص ارگانولپتیک

مقدمه

مهم‌ترین ویژگی که خواص کیفی و ماندگاری کیک را تعیین می‌کند، رطوبت و فعالیت آبی (a_w) آن است (Rajabzadeh, 2003). مرطوب بودن کیک ویژگی مثبتی است که با نرمی و تردی آن در ارتباط است. هرچند بالا بودن رطوبت کیک رشد میکروارگانیسم‌ها را تسریع می‌کند، عامل تعیین کننده در فساد میکروبی، a_w است. اگر بتوان علی‌رغم حفظ رطوبت کیک، مقدار a_w آن را کاهش داد، می‌توان محصولی نرم و مرطوب که دارای ماندگاری بالایی است به دست آورد (Ashwini et al., 2009). امولسیفایرهای ژلی به لحاظ دارا بودن قندهای الکلی یا پلی اول‌ها، دارای خاصیت جذب و حفظ رطوبت بوده و در صورت استفاده در فرمول کیک علاوه بر خاصیت امولسیون کنندگی،

باعث نرم ماندن در طول نگهداری، کاهش a_w و افزایش مدت ماندگاری محصول می‌شوند (Bennion and Bamford, 1997). تخم مرغ با داشتن خصوصیات ژله‌ای شدن، کف کنندگی، امولسیون کنندگی و انعقاد در فرمولاسیون کیک نقش مهمی بر عهده دارد (Mineand Zhang, 2013). تخم مرغ به علت داشتن مقادیر قابل توجه رطوبت باعث نرم ماندن کیک در طول نگهداری می‌شود (Payan, 2005). هنگام فرایند پخت، مقادیر زیاد پروتئین در سفیده منعقد شده و باعث شکل گیری بافت و تثبیت ساختار آن می‌شوند. علاوه بر این، پروتئین‌های سفیده در طول مراحل تهیه خمیر باعث ایجاد کف و هوادهی مکانیکی خمیر شده و بعد از پخت نیز ساختار اسفنجی تثبیت شده‌ای را تشکیل می‌دهند (Peighamardoust, 2009). لستین موجود در زرده نیز به دلیل نقش امولسیون کنندگی حائز اهمیت است. در ضمن اسیدهای آمینه در حضور قندهای احیاء کننده تخم مرغ با

* نویسنده مسئول : peighamardout@tabrizu.ac.ir

رطوبت در کیک بهترین نتایج را ارائه دادند (Rahmati and Mazaheri Tehrani, 2014).

در پژوهشی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و ارگانولپتیکی کیک روغنی حاصل از جایگزینی سفیده تخم‌مرغ با سطوح مختلف کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) و همچنین استفاده از سطوح مختلف صمغ‌های گوار و زانتان مورد ارزیابی قرار گرفت. WPC در سه سطح ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، صمغ گوار در دو مقدار ۰/۱ و ۰/۳ درصد و صمغ زانتان نیز در مقادیر ۰/۱ و ۰/۱۵ درصد به عنوان متغیرهای پژوهش در نظر گرفته شدند (Ayoubi et al., 2008). نتایج نشان دادند که WPC مورد استفاده به تنهایی جایگزین مناسبی برای سفیده تخم‌مرغ نبوده، اما این ترکیب در مقادیر ۲۵ و ۵۰ درصد همراه با هر کدام از صمغ‌های گوار (۰/۳ درصد) یا زانتان (۰/۱۵ درصد)، ضمن حفظ ویژگی‌های حسی کیک و بهبود اغلب ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آن، جایگزین مناسبی برای سفیده تخم‌مرغ بود (Ayoubi et al., 2008). در تحقیق دیگری تأثیر صمغ عربی، گوار، زانتان، کاراگینان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC) در ترکیب با امولسیفایرهای نظیر، گلیسرول منو استئارات (GMS) و سدیم استئاریل لاکتیلات (SSL) بر خواص رئولوژیکی، ریزساختاری و کیفیت کیک‌های بدون تخم‌مرغ مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزودن همه این هیدروکلونیدها، کیفیت کلی کیک‌های بدون تخم‌مرغ را همراه با افزودن SSL افزایش داد که بیشترین بهبود را صمغ HPMC به‌خود اختصاص داد (Ashwini et al., 2009). نقش و عملکرد امولسیفایرهای مختلف به همراه مالتو دکسترین به عنوان عامل قوام دهنده بر خواص خمیر کیک و کیفیت کیک مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید که با جایگزینی تخم‌مرغ با امولسیفایرهای صنعتی و کاربردی خواص کیفی کیک بهبود یافت (Lakshminaraya et al., 2006). در پژوهشی از ژل چیا^۱ به‌عنوان جایگزین روغن یا تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک استفاده کردند. این ژل با سطوح جایگزینی ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ روغن یا تخم‌مرغ در فرمولاسیون کیک استفاده شد. نتایج نشان داد که ژل چیا می‌تواند تنها با ۲۵٪ روغن یا تخم‌مرغ جایگزین شود و محصول حاصل خصوصیات حسی و کاربردی قابل پذیرش را در این مقدار نشان داد (Borneo et al., 2006). در پژوهش دیگری در ابتدا پنج فرمولاسیون کیک با تخم‌مرغ کامل مایع، تخم‌مرغ خشک، و سه جایگزین تجاری تخم‌مرغ (سویا/گلوتن گندم، پروتئین آب پنیر و صمغ/فیبر) آماده و تهیه

شرکت در واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی مایلارد در حین پخت باعث بهبود رنگ پوسته و عطر و طعم محصول می‌شوند (Fatemi, 1999). وجود اسیدهای آمینه و ویتامین‌های مختلف در تخم‌مرغ ارزش غذایی بالایی به آن می‌دهد. اما استفاده از تخم‌مرغ تازه به‌دلیل احتمال آلودگی میکروبی، وجود پس‌طعم و نیز مقادیر بالای کلسترول زرده و نیز افزایش اسیدیته چربی محصول نهایی، چالش برانگیز است (Azadmard-Damirch, 2012). یکی از راه‌کارهای مناسب برای حل این مشکل، استفاده از امولسیفایرهای ژلی به‌جای لستین زرده تخم‌مرغ است. ترکیب تشکیل دهنده امولسیفایرهای ژلی عمدتاً از ترکیبات مونو و دی گلیسیرید، پلی اول در آب هستند. مونو و دی گلیسیریدها نقش امولسیون‌کنندگی داشته و جایگزین مناسبی برای لستین زرده هستند (Jyotsna et al., 2004; Rahmati and Mazaheri Tehrani, 2014). پلی اول‌ها ترکیبات جاذب رطوبت هستند که با حفظ رطوبت و کاهش a_w محصول، ضمن افزایش مدت ماندگاری باعث نرم ماندن کیک در طول نگهداری شده و می‌توانند فقدان چربی زرده را نیز جبران کنند (Bennion and Bamford, 1997).

در پژوهشی اثر امولسیفایرهای ژلی مختلف حاوی سدیم استئاریل لاکتیلات (SSL)، دیستیلد گلیسرول منواستئارات (DGMS)، پروپیلن گلیکول منواستئارات (PGMS)، پلی سوربات ۶۰ (PS-60) و سوربیتان منو استئارات (SMS) بر خواص فیزیکی و رئولوژیکی خمیر کیک و کیفیت نهایی کیک حاصله بررسی شد. نتایج نشان داد که هر دو مدول الاستیک (G') و ذخیره (G'') با افزودن همه امولسیفایرها نسبت به تیمار کنترل افزایش یافت. دانسیته خمیر کیک در نمونه کنترل از ۰/۹۵ به ۰/۸۵ گرم بر سانتیمتر مکعب در تیمارهای حاوی امولسیفایر ژلی کاهش یافت. مطالعه میکروسکوپی خمیر کیک نشان داد که در اثر افزودن کلیه امولسیفایرهای ژلی تعداد حباب‌های هوا افزایش و توزیع آن‌ها در امولسیون خمیر بهبود یافت. در بین امولسیفایرهای مورد استفاده، ترکیب حاوی PS-60 بیشترین افزایش حجم ویژه در کیک را سبب شد (Jyotsna et al., 2004). در پژوهش دیگری اثر امولسیفایرهای دیستیلد گلیسرول منو استئارات (DGMS)، سوربیتان منو استئارات (SMS) و لستین بر ویژگی‌های کیک بدون تخم‌مرغ حاوی شیر سویا بررسی شد. نتایج نشان داد که افزودن امولسیفایرهای ژلی به‌طور قابل ملاحظه‌ای خواص کیفی کیک بدون تخم‌مرغ را افزایش داد. در بین امولسیفایرهای ژلی مورد استفاده، SMS بر ویسکوزیته و دانسیته خمیر، لستین بر پایداری امولسیون و سفتی کیک و DGMS بر حجم کیک و جلوگیری از کاهش

1 . Chia gel

جدول ۱. مواد مورد استفاده برای تولید کیک و محل تهیه آنها

محل تهیه	مقدار به	مواد مورد استفاده
	ازاء ۱۰۰	
	گرم آرد	
آرد	۱۰۰	کارخانه اطهر بناب
قند اینورت	۱۸	شرکت ارس پر بنیس شبستر
پودر شکر	۱۱۸	کارخانه قند یاسوج
تخم مرغ	۵۰	شرکت تلاونگ
روغن مایع	۳۳/۳	شرکت ناز
بیکینگ پودر	۲/۸	شرکت دیبا ماندگار
وانیل	۲	شرکت روبرته
شیرخشک بدون چربی	۱۰	شرکت کازئینات ایران
نمک	۲	بازار محلی
آب	۱۱۴/۳ -	
امولسیفایر ژلی سافتکس و	۱/۵	شرکت آذرنوش شکوفه
گلدن		
امولسیفایر ژلی جیلک ۶۰	۱/۵	شرکت آرومانیک سوئد

آنالیز ویژگی‌های آرد مصرفی در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. آنالیز ویژگی‌های آرد مورد استفاده برای تولید کیک

ویژگی‌ها	درصد
رطوبت	۱۲/۴ ± ۰/۳۰
پروتئین	۷/۷ ± ۰/۲۰
خاکستر	۰/۴۵ ± ۰/۰۳
pH	۵/۹ ± ۰/۱۵
گلوتن مرطوب	۲۰/۱ ± ۱/۲۰

روش‌های آزمون

دانسیتته خمیر کیک با روش Lin et al (2003) ، رطوبت کیک با استفاده از روش Akesson (2009) ، حجم کیک با استفاده از روش جابه‌جایی دانه کلزا (Arozarena et al., 2001)، ارتفاع کیک با روش Kocer et al (2006) ، تقارن هندسی کیک با روش ۹۱-۱۰ AACC (AACC2000) اندازه گیری شد. دانسیته واقعی و دانسیته ظاهری کیک اندازه گیری و تخلخل کیک از رابطه زیر به دست آمد (Bennion and Bamford, 1997):

(رابطه ۱) دانسیته واقعی / دانسیته ظاهری - ۱ = تخلخل

سختی بافت کیک در روزهای اول، ۳۰ و ۶۰ پس از تولید با ماشین آزمون عمومی (اینسترن، مدل ۱۱۴۰، ساخت انگلستان) با استفاده از روش ۷۴-۰۹ AACC (AACC2000) با اندکی تغییرات شرح داده شده توسط Fry و Sester (1992) اندازه گیری شد. برای آماده سازی نمونه بعد از برداشتن پوسته کیک، قطعات مغز آن به فرم مکعب مربع به ابعاد ۲/۵ سانتی‌متر

شدند. نتایج حاصله نشان داد جایگزین‌های تجاری تخم‌مرغ، خصوصیات محصول از قبیل حفظ رطوبت، دانسیته حجمی، رنگ، بافت و طعم را بهبود داد (Ratnayakeet al., 2012). در تحقیقی نقش اجزاء کاربردی در تولید کیک اسفنجی بررسی شد. اجزای اصلی این کیک‌ها شامل آرد گندم، شکر، تخم مرغ و روغن بود. مقدار این ترکیبات در انواع کیک‌ها متفاوت بود. در تحقیق فوق مشخص شد که در طول پخت ساختار کیک در نتیجه ژلاتیناسیون نشاسته و انعقاد پروتئین تخم مرغ تثبیت می‌شود. علاوه بر این شکر نیز در شکل‌گیری ساختار کیک تأثیر دارد. تقویت‌کننده‌های چربی یا امولسیون‌های چربی باعث هوادهی و ایجاد حجم مناسب می‌شوند که باعث تردی و بهبود احساس دهانی می‌شوند (Wilderjans et al., 2013).

هدف این پژوهش بررسی جایگزینی زرده تخم‌مرغ با سه نوع امولسیفایر ژلی تجاری سافتکس (Softex)، گلدن (Golden) و جیلک ۶۰ (Jilk 60) جهت کاهش عیوب مربوط به قسمت زرده تخم مرغ از جمله تسریع فساد، افزایش کلسترول و اسیدیته چربی، ایجاد پس طعم تخم مرغی در محصول نهایی بود.

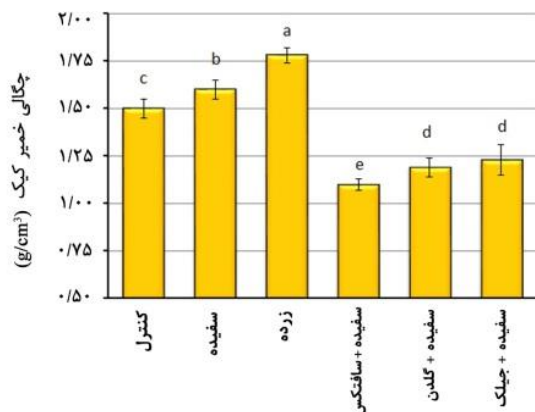
مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده برای تولید کیک لایه‌ای، مقادیر مورد استفاده در فرمول (بر اساس وزن مرطوب آرد) و محل تهیه آنها در جدول ۱ آمده است.

روش تهیه کیک

برای تهیه کیک از روش گومز و همکاران (۸) استفاده شد. برای این منظور از روش مخلوط کردن تک مرحله‌ای استفاده شد که در آن کلیه مواد اولیه در مدت زمان ۱۲ دقیقه در میکسر آشپزخانه‌ای متداول با سرعت ۸۰ درو در دقیقه مخلوط شدند. تیمارهای آزمایشی شامل کیک کنترل (حاوی تخم‌مرغ کامل)، کیک حاوی فقط سفیده تخم‌مرغ، کیک حاوی فقط زرده تخم‌مرغ و سه تیمار حاوی امولسیفایرهای ژلی سافتکس، گلدن و جیلک به مقدار ۱/۵ درصد (وزن خمیر) بودند. بعد از تهیه خمیر، در حدود ۲۰۰ گرم خمیر در ظرف استوانه‌ای پوشش‌دار با لبه ۴۵ میلی‌متر و قطر ۱۲۰ میلی‌متر ریخته شده و در فر پخت برقی با دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه پخته شد. بعد از پخت، کیک‌ها به مدت یک‌ساعت خنک گردیدند. کیک‌های لایه‌ای که برای ارزیابی حسی اختصاص یافتند در کیسه‌های پلاستیکی با کدهای خاص بسته بندی شدند. آزمون‌های حسی، بافتی و اسیدیته چربی کیک در طول مدت نگهداری در زمان‌های ۱، ۳۰ و ۶۰ روز پس از تولید انجام گرفت.

خمیر کیک و قابلیت ورود حباب‌های هوا به خمیر و میزان نگهداری حباب‌های هوا در بافت خمیر کیک (Baevaet *al.*, 2000) می‌توان نتیجه گرفت که افزودن هر سه نوع امولسیفایر ژلی به خمیر کیک باعث افزایش قابلیت نگهداری گاز در خمیر و بنابراین باعث کاهش دانسیته خمیر شده است. یکی از مراحل هوادهی یا ایجاد حجم، هوادهی مکانیکی یا وارد شدن حباب‌های هوا به فاز خمیر در جریان مخلوط کردن سریع خمیر کیک است (Bennion and Bamford, 1997). با افزایش قابلیت نگهداری حباب‌های هوا توسط فاز خمیر حجم آن افزایش و دانسیته خمیر کاهش می‌یابد. سفیده تخم مرغ نقش بسیار مهمی در ایجاد امولسیون کف (حباب هوا در فاز مایع) در این مرحله دارد. پروتئین‌های سفیده به عنوان عوامل تثبیت کننده کف عمل می‌کنند (Arunepanlop *et al.*, 1996). در تیمارهای آزمایشی وجود امولسیفایرهای ژلی در تثبیت بیشتر امولسیون کف در خمیر نقش داشته است، طوری که کم چگال ترین خمیرها مربوط به این تیمارها هستند. امولسیفایرها با ایجاد برهم کنش بین اجزاء خمیر مانند نشاسته، پروتئین و چربی‌ها لایه بین سطحی در اطراف حباب‌های ریز هوا تشکیل داده به حفظ و نگهداری حباب‌های هوا در خمیر کمک می‌نمایند (Bennion and Bamford, 1997). ظاهراً ترکیب سفیده با امولسیفایرها اثر بهتری در پایدار کردن امولسیون کف در خمیر کیک داشته است. چراکه خود امولسیفایر به تنهایی (مانند تیمار زرده تخم مرغ) با وجود داشتن لستین نتوانسته است در پایداری امولسیون کف و هوادهی و به تبع آن کاهش دانسیته خمیر مؤثر باشد. در تیمار حاوی فقط زرده به دلیل حذف سفیده، ملاحظه می‌شود که دانسیته خمیر به‌طور قابل ملاحظه- ای افزایش یافته است و در شکل ۱ چگال ترین خمیر مربوط به نمونه حاوی زرده خالص بود.



شکل ۱. اثر تیمارهای مختلف و افزودن امولسیفایرهای ژلی بر دانسیته خمیر کیک. نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین غیرمشابه بیانگر معنی دار بودن ($p < 0.05$) تفاوت میانگین‌ها است.

تهیه شد و در آزمون بافت مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری اندازه گیری اسیدیته چربی و عدد پراکسید کیک مطابق استاندارد ملی ایران انجام گرفت (ISIRI, 2005).

ارزیابی حسی توسط ۱۵ نفر داور آموزش‌دیده به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (بالترین امتیاز: ۵، پایین ترین امتیاز: ۱) انجام گرفت (Gomez *et al.*, 2007) و درنهایت امتیاز کلی هر نمونه از لحاظ پذیرش حسی مورد محاسبه قرار گرفت. ارزیابی حسی توصیفی و هدونیک برای نمونه های تهیه شده براساس میزان پذیرش رنگ، طعم، بافت، بو، شکل ظاهری و مقبولیت کلی صورت گرفت. برای هر کدام از ویژگی‌های حسی براساس میزان اهمیت، ضریب امتیاز معینی داده شد که در محاسبه پذیرش کلی تیمارها در نظر گرفته شد. برای ویژگی‌های شکل ظاهری، رنگ مغز، بافت و عطر و طعم به ترتیب ضرایب امتیاز ۱، ۲، ۳ و ۶ منظور گردید و در محاسبه امتیاز نهایی ارزیابی حسی مجموع امتیازات بر مجموع ضرایب (۱۲) تقسیم و نمره ارزیابی کلی به دست آمد. نتایج بر اساس طرح کاملاً تصادفی تفسیر شد. برای رسم نمودارهای نتایج ارزیابی حسی از نرم افزار Excel استفاده شد.

آنالیز آماری

در این تحقیق اثر استفاده از تیمارهای حاوی زرده، سفیده و امولسیفایرهای ژلی و زمان نگهداری بر خواص کیفی کیک در طی نگهداری به مدت ۳ ماه با استفاده از روش آماری اندازه-گیری‌های تکرار شده در زمان و در ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده با استفاده از روش آنالیز واریانس (ANOVA) دوطرفه در سطح احتمال ($P < 0.05$) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل مربع میانگین‌ها در سطح احتمال ($P < 0.05$) با نرم افزار SAS 9 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج گزارش شده در نمودارها میانگین سه تکرار بوده و بازه‌های خطا در نمودارها معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین غیرمشابه بیانگر معنی دار بودن تفاوت میانگین‌ها در سطح $p < 0.05$ آماری است.

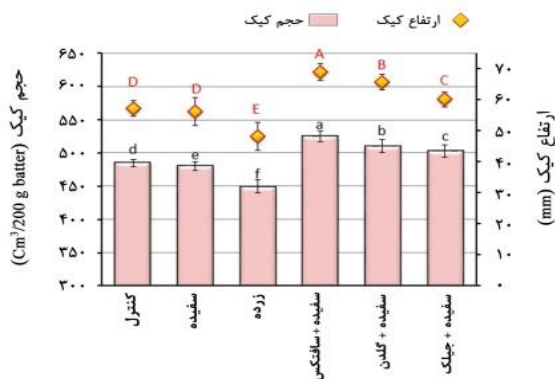
نتایج و بحث

تأثیر افزودن امولسیفایرهای ژلی بر دانسیته خمیر

اثر تیمارهای مختلف بر دانسیته خمیر کیک در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود کم چگال ترین خمیرها به ترتیب مربوط به تیمارهای حاوی سافتکس، گلدن و جیلک بود. نتایج آنالیز واریانس نشان داد با افزودن امولسیفایرهای ژلی دانسیته خمیر کیک به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) کاهش یافت. با توجه به رابطه معکوس میان دانسیته

حجم و ارتفاع کیک

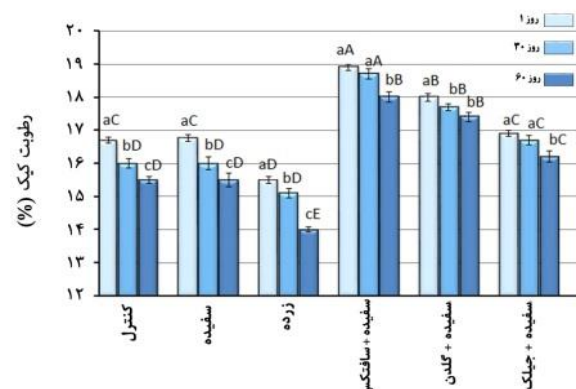
تغییرات ارتفاع و حجم کیک ناشی از عملکرد امولسیفایرهای ژلی در شکل ۳ نشان داده شده است. کیک‌های تهیه شده از امولسیفایرهای ژلی نسبت به سایر تیمارها شکل بهتر و اندازه بزرگتری نشان دادند. بالاترین حجم و ارتفاع کیک مربوط به نمونه حاوی سفیده به علاوه سافتکس بود و بعد از آن نمونه‌های گلدن و جیلک در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کمترین ارتفاع و حجم نیز مربوط به کیک‌های تهیه شده از زرده بود. این نتایج مشابه روند تغییرات دانسیته خمیر است. توانایی خمیر برای حفظ حباب‌های هوا در جریان مخلوط کردن منجر به افزایش هوادهی خمیر و کاهش دانسیته آن نیز گردید (شکل ۱) که یکی از عوامل مؤثر در بهبود ویژگی‌های شکل و اندازه کیک محسوب می‌شود. از طرفی ایجاد حجم در کیک فقط به هوادهی مکانیکی در جریان مخلوط کردن خمیر مربوط نمی‌شود، بلکه هوادهی شیمیایی (ناشی از عملکرد مواد حجم دهنده شیمیایی نظیر بیکنینگ پودر) و نیز هوادهی فیزیکی (تبخیر آب) در جریان پخت نیز در ایجاد حجم نهایی فرآورده مؤثر هستند (Bennion and Bamford, 1997). به نظر می‌رسد که همان ساز و کار تثبیت امولسیون کف با افزودن امولسیفایرهای ژلی که در بخش قبلی توضیح داده شد برای سایر انواع هوادهی نیز مؤثر باشد؛ چراکه بهبود خواص رئولوژیکی خمیر و ایجاد سطوح بین فازي توسط امولسیفایرها به همراه سفیده تخم مرغ که در تثبیت کف در جریان پخت مؤثر است، دلیل احتمالی برای افزایش حجم و ارتفاع کیک است. این در حالی است که تیمار زرده تخم مرغ تنها با وجود داشتن امولسیفایر لستین نتوانست همان نقشی که از یک امولسیفایر انتظار می‌رود را برآورده سازد و حجم و ارتفاع کیک مطلوبی تولید نکرد (شکل ۳). ظاهراً در هر سه تیمار امولسیفایر ژلی وجود سفیده به‌همراه ترکیبات امولسیفایری دیگر غیر از لستین بوده که قادر به ارائه ویژگی‌های شکلی و سایزی مناسب در کیک گردیده است.



شکل ۳. اثر تیمارهای مختلف و افزودن امولسیفایرهای ژلی بر تغییرات حجم و ارتفاع کیک. نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین غیرمشابه (حروف لاتین کوچک مربوط به حجم و حروف لاتین بزرگ مربوط به ارتفاع کیک) بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها است. ($p < 0.05$)

اثر تیمارهای آزمایشی و زمان نگهداری بر تغییرات رطوبت کیک

نتایج اندازه‌گیری رطوبت کیک‌های تهیه شده از تیمارهای آزمایشی مختلف و نگهداری شده در زمان‌های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. کیک‌های تهیه شده از سافتکس در همه روزهای نگهداری بالاترین رطوبت، و کیک تهیه شده از زرده خالص پایین‌ترین مقدار رطوبت را بخود اختصاص دادند. کیک حاصل از سایر امولسیفایرهای ژلی نیز به ترتیب رطوبت بالاتری از نمونه کنترل، نمونه حاوی سفیده خالص و زرده خالص نشان دادند. در تیمار کنترل با گذشت زمان رطوبت به‌طور معنی‌داری ($p < 0.05$) کاهش نشان داد اما در مورد تیمارهای حاوی امولسیفایر ژلی این روند آهسته‌تر بود. دلیل بالا بودن رطوبت اولیه کیک‌های حاوی امولسیفایر ژلی احتمالاً مربوط به وجود ترکیبات حفظ‌کننده رطوبت مثل گلیسرول و قندهای پلی‌الکلی در ترکیب این امولسیفایرها است که در طول زمان به حفظ و نگهداری رطوبت در کیک کمک کرده و پدیده بیاتی و از دست رفتن رطوبت را به تعویق انداخته است. ترکیباتی که به دلیل داشتن عوامل فعال باعث باند شدن رطوبت در ترکیب مواد غذایی می‌شوند به حفظ رطوبت و تازه ماندن بافت محصول کمک می‌کنند. این نتایج مشابه یافته‌های *Ratnayake et al.* (2012) بود که با افزودن جایگزین‌هایی مانند کنسانتره آب پنیر، سویا و انواع هیدروکلوئیدها نشان دادند که کیک‌های حاصله نسبت به نمونه‌های کنترل رطوبت بالاتری داشتند. نتایج پژوهش دیگری نشان داد که افزودن امولسیفایرهای ژلی تأثیر بسیار مطلوبی بر روند کاهش افت رطوبت در طول نگهداری کیک‌های فاقد تخم مرغ داشت. این محققان بیان کردند که به دلیل توانایی امولسیفایرهای ژلی مانند DMGS و SMS در ترکیب با آب آزاد موجود در فرمول کیک، از کاهش رطوبت در طول ۵ روز نگهداری ممانعت شده است (Rahmati and Mazaheri Tehrani, 2014).



شکل ۲. اثر تیمارهای مختلف بر تغییرات رطوبت کیک در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ نگهداری. نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار

تقارن کیک

ایجاد حجم در کیک محسوب می‌شود. به نظر می‌رسد که مکانیسم تثبیت امولسیون کف با افزودن امولسیفایرهای ژلی در هوادهی و ایجاد حجم کیک مؤثر باشد؛ چراکه بهبود خواص رئولوژیکی خمیر و ایجاد سطوح بین فازی توسط امولسیفایرها به همراه سفیده تخم مرغ که در تثبیت کف در جریان پخت مؤثر است، دلیل احتمالی برای کاهش دانسیته و افزایش تخلخل کیک است.

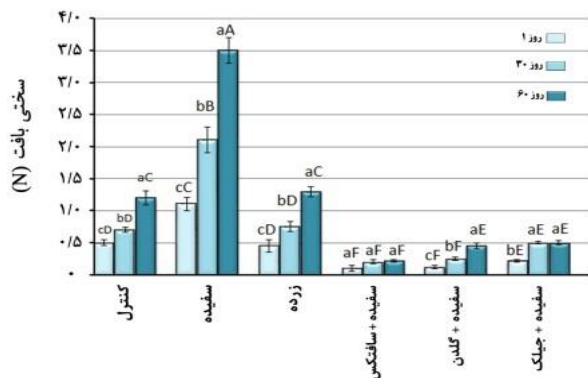
جدول ۳. اثر سطوح مختلف پودر بر حجم، دانسیته ظاهری، دانسیته واقعی و تخلخل کیک

تیمارهای آزمایشی	دانسیته ظاهری (g/cm ³)	دانسیته واقعی (g/cm ³)	تخلخل (بدون بعد)
کنترل	۰/۴۷ ^c	۱/۲۸ ^c	۰/۶۵ ^c
سفیده	۰/۴۹ ^d	۱/۳۵ ^d	۰/۶۴ ^d
زرده	۰/۵۵ ^e	۱/۴۷ ^e	۰/۶۰ ^e
سفیده + سافتکس	۰/۴۰ ^a	۱/۲۰ ^a	۰/۷۵ ^a
سفیده + گلدن	۰/۴۱ ^a	۱/۲۲ ^a	۰/۷۳ ^a
سفیده + جیلک	۰/۴۴ ^b	۱/۲۵ ^b	۰/۶۸ ^b

نتایج میانگین سه تکرار بوده و حروف لاتین غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین میانگین‌ها است.

سختی بافت کیک

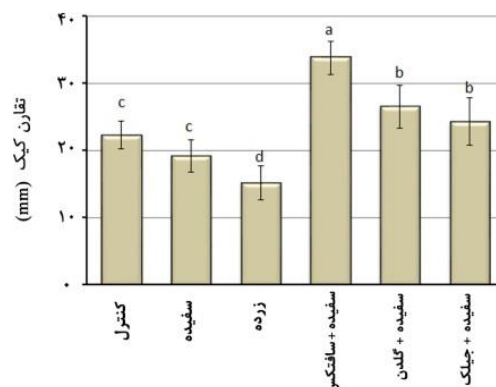
تأثیر تیمارهای آزمایشی بر سختی بافت کیک اندازه گیری شده با روش دستگاهی در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. اثر تیمارهای مختلف بر سختی بافت کیک در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ نگهداری. نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها و حروف لاتین کوچک غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها ($p < 0.05$) در بین روزهای ارزیابی است.

همانطور که از شکل ۵ ملاحظه می‌شود نمونه حاوی سفیده تخم مرغ سخت‌ترین بافت در تمام روزهای ارزیابی را در بین همه تیمارها داشت که علت آن بالا بودن پروتئین‌های سفیده و عدم وجود زرده و امولسیفایر به‌عنوان عوامل حجم دهنده و نرم کننده بود. کیک‌های حاوی امولسیفایرهای ژلی نرم

اثر تیمارهای آزمایشی بر تقارن کیک در شکل ۴ نشان داده شده است. تغییرات تقارن کیک از روند تغییرات حجم و ارتفاع کیک پیروی نموده و بهترین تقارن مربوط به کیک‌های تهیه شده از امولسیفایرهای ژلی به ویژه کیک حاوی سفیده به‌علاوه سافتکس بود و بعد از آن نمونه‌های گلدن و جیلک در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. ضعیف‌ترین تقارن نیز مربوط به کیک‌های تهیه شده از زرده تنها بود. همانطور که گفته شد این نتایج مشابه روند تغییرات حجم، ارتفاع و دانسیته خمیر است. کیک‌های حجیم تهیه شده از خمیرهای با دانسیته پایین از لحاظ ویژگی‌های شکلی نیز بهتر بودند. توانایی خمیر برای حفظ حباب‌های هوا در جریان مخلوط کردن که منجر به افزایش هوادهی خمیر و کاهش دانسیته آن گردید (شکل ۱)، یکی از عوامل مؤثر در بهبود ویژگی‌های شکلی و تقارن کیک محسوب می‌شود.

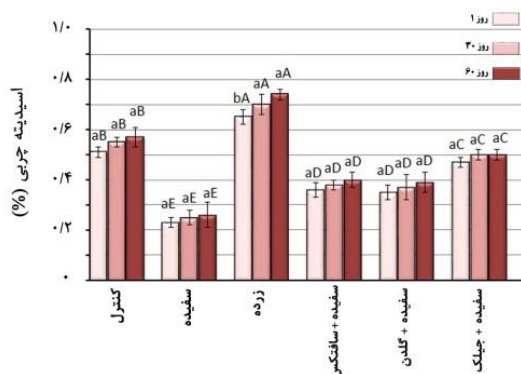


شکل ۴. اثر تیمارهای مختلف و افزودن امولسیفایرهای ژلی بر تقارن کیک. نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن ($p < 0.05$) تفاوت میانگین‌ها است.

دانسیته جسمی و تخلخل کیک

نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته‌های جسمی و حجمی و تخلخل کیک در جدول ۳ آورده شده است. کیک‌های تهیه شده از امولسیفایرهای ژلی نسبت به سایر تیمارها دانسیته‌های جسمی و حجمی پایین‌تر و تخلخل بالاتری نشان دادند. بیشترین تخلخل مربوط به نمونه حاوی سفیده به‌علاوه سافتکس بود و بعد از آن نمونه‌های گلدن و جیلک در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کمترین تخلخل نیز مربوط به کیک‌های تهیه شده از زرده بود. این نتایج مشابه روند تغییرات دانسیته خمیر، حجم و ارتفاع کیک است. همانطور که قبلاً اشاره شد توانایی خمیر برای حفظ حباب‌های هوا در جریان مخلوط کردن که منجر به کاهش دانسیته (شکل ۱) خمیر و افزایش حجم و ارتفاع کیک (شکل ۳) گردید، یکی از عوامل مؤثر در هوادهی و

لستین در حد جزئی داشتند اسیدیتته چربی را کاهش دادند. امولسیفایر مونو ودی گلیسرید در این تیمارها نقش پر اهمیت لستین زرده را برعهده دارد. زمان نگهداری بر روند تغییرات اسیدیتته در همه تیمارها تقریباً بی اثر بود. در هر سه زمان نگهداری بالاترین اسیدیتته چربی مربوط به تیمار زرده و کمترین مربوط به نمونه حاوی سفیده بود. یکی از مشکلات رایج در تولید صنعتی کیک، اسیدیتته چربی بالای آن است. زرده تخم مرغ به دلیل داشتن اسیدهای چرب آزاد و لستین عامل اصلی اسیدیتته بالا در این کیک‌ها است. مهم‌ترین عامل تأثیر گذار در اسیدیتته چربی کیک، چربی موجود در تخم مرغ و مقدار اسیدیتته آن است. بالا بودن درصد اسیدهای چرب آزاد، لستین و سایر فسفولیپیدها در چربی زرده تخم مرغ می‌تواند بالا بودن اسیدیتته چربی تخم مرغ باشد (Privett et al., 1959; Tattriet al., 1962). ترکیب‌های فسفولیپیدی و لستین خیلی راحت در معرض واکنش‌های شیمیایی مثل هیدرولیز و اکسیداسیون قرار می‌گیرند (Ratnayake et al., 2012). اسیدیتته چربی بالا در محصولات چرب و حاوی تخم مرغ نشان‌گر فساد چربی بوده و باعث ایجاد خصوصیات کیفی نامطلوب نظیر طعم و بوی تند در محصول می‌شود. نتایج حاصله از این پژوهش نشان داد که با جایگزین کردن زرده تخم مرغ با امولسیفایرهای ژلی و به عبارت بهتر امولسیفایرهای عملکردی که فاقد لستین و فسفولیپیدها هستند می‌توان اسیدیتته چربی در کیک لایه‌ای، که یکی از معضلات صنعتی تولید این نوع کیک‌ها است، را مهار نمود.



شکل ۶. روند تغییرات اسیدیتته چربی کیک تهیه شده از تیمارهای آزمایشی مختلف در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ نگهداری. نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه‌های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن ($p < 0.05$) تفاوت میانگین‌ها در بین تیمارها و حروف لاتین کوچک غیرمشابه بیانگر معنی‌دار بودن ($p < 0.05$) تفاوت میانگین‌ها در بین روزهای ارزیابی است.

تغییرات عدد پراکسید

اثر تیمارهای مختلف بر عدد پراکسید کیک در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ نگهداری در شکل ۷ نشان داده شده است. نتیجه شاخص در

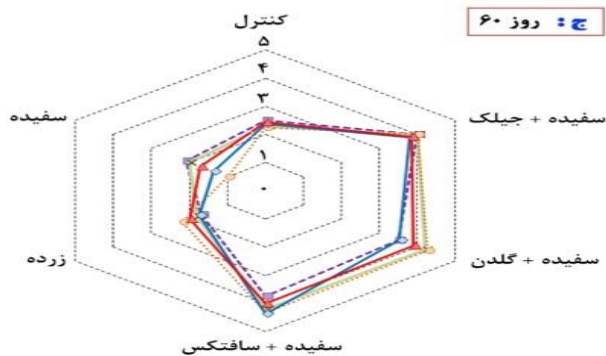
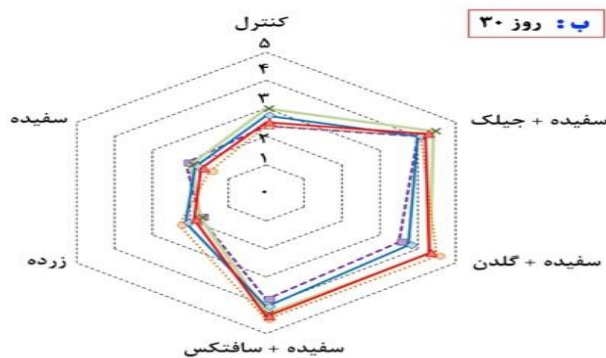
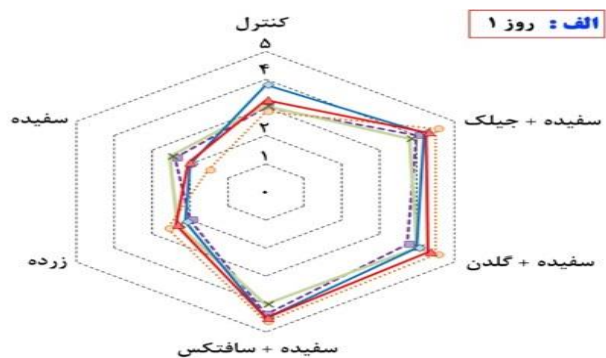
ترین بافت را در تمام روزهای ارزیابی داشتند. کیک کنترل با کیک حاوی زرده تخم مرغ از لحاظ سختی بافت مشابه بودند. در تیمارهای کنترل، سفیده و زرده با افزایش زمان نگهداری سختی بافت افزایش پیدا نمود که با توجه به پدیده بیاتی و خروج رطوبت از مغز کیک طبیعی است. اما در کیک‌های حاوی امولسیفایرهای ژلی در زمان‌های مختلف نگهداری بافت کیک نرم باقی ماند که این امر به دلیل قابلیت نگهداری رطوبت و جلوگیری از وقوع پدیده بیاتی این کیک‌ها است. عموماً امولسیفایرها با ایجاد برهمکنش با فاز نشاسته خمیر و با تشکیل لایه‌ای در اطراف گرانول‌های نشاسته، تورم و ژلاتینه شدن گرانول‌ها در طول پخت را کاهش می‌دهند و بدین ترتیب دمای ژلاتینه شدن را افزایش می‌دهند (Siswoyo and Morita, 2001). همچنین به دلیل ایجاد لایه‌ای در اطراف گرانول‌ها از تراوش ملکول‌های آمیلوز و آمیوپکتین به بیرون از گرانول‌های نشاسته جلوگیری کرده و ژلاتینیزاسیون نشاسته را به تعویق می‌اندازند. (Richradson et al., 2002). از طرف دیگر به دلیل ساختار مارپیچی (هلیس) ملکول‌های آمیلوز با سطح داخلی آبدوست، امولسیفایرها از طرف انتهای آبدوست خود در فضای داخلی این هلیس‌ها وارد شده و تشکیل کمپلکس‌های آمیلوزلیپید داده و به دنبال آن روند تجمع و رتروگراداسیون نشاسته کاهش می‌یابد. لذا امولسیفایرها با این مکانیسم احتمالی پدیده بیاتی و سخت شدن بافت کیک را به تعویق می‌اندازند (Siswoyo and Morita, 2001; O'berin, 2004).

کیک حاوی سافتکس نرم‌ترین بافت در بین همه تیمارها و در کل روزهای ارزیابی را داشت. منو و دی گلیسرید و پلی اول‌های به کار رفته در فرمول این امولسیفایرهای ژلی در خواص کاربردی آنها تأثیر بسزایی داشته و باعث نرم ماندن بافت و به تعویق افتادن روند سخت شدن کیک گردیدند.

اسیدیتته چربی

اثر تیمارهای مختلف بر اسیدیتته چربی کیک در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ نگهداری در شکل ۶ نشان داده شده است. نمونه حاوی سفیده کمترین اسیدیتته چربی و تیمار حاوی زرده بیشترین اسیدیتته را داشتند. چربی زرده تخم مرغ به علت دارا بودن لستین و فسفولیپیدها در جریان تجزیه هیدرولیتیک قرار گرفته و سبب افزایش اسیدیتته چربی می‌شوند که در شکل ۶ کاملاً مشخص است. این امر در کیک‌های تهیه شده از سفیده خالص دیده نشد. تیمارهای حاوی امولسیفایرهای ژلی نیز اسیدیتته چربی در حد مجاز و کمتر از نمونه کنترل را نشان دادند. امولسیفایرهای ژلی استفاده شده به علت اینکه فاز آبی داشته و

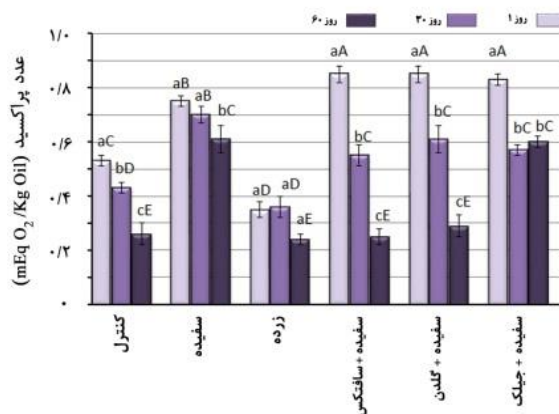
ترین نتایج حسی در همه صفتهای مورد بررسی مربوط به کیک تهیه شده از زرده و سفیده تنها بود. امتیازات حسی کیک کنترل (حاوی تخم مرغ کامل) از کیک های تهیه شده از زرده و سفیده بالاتر بود.



شکل ۸. اثر تیمارهای مختلف بر ویژگیهای حسی کیک در روز اول (الف)، ۳۰ (ب) و ۶۰ (ج) ارزیابی.

همانطور که در شکل ۸ ملاحظه می شود که کیکهای حاوی هر سه نوع امولسیفایر ژلی نسبت به نمونه کنترل و نمونه حاوی زرده و سفیده تنها، در طول مدت زمان نگهداری از لحاظ پذیرش کلی و خواص ارگانولپتیکی مورد آزمون به طور قابل ملاحظه ای خصوصیات کیفی خود را حفظ نمودند. در واقع این تیمارها خواص حسی اولیه و تازگی خود به دلایل حفظ رطوبت و عدم بیاتی حفظ کردند. تیمار کنترل، سفیده و زرده روند

این شکل این است که عدد پراکسید کیکهای تهیه شده از زرده تخم مرغ نسبت به نمونه کنترل و سایر نمونه ها بطور معنی داری ($p < 0.05$) پایین بود. عدد پراکسید کیکهای تهیه شده از هر سه نوع امولسیفایر ژلی همانند کیک حاوی فقط سفیده تخم مرغ نسبت به نمونه کنترل و نمونه حاوی زرده بطور معنی داری ($p < 0.05$) بالاتر بود. بین نمونه های حاوی امول ژل تفاوت معنی داری دیده نشد. از طرف دیگر در شکل ۷ ملاحظه می شود که بازاء زمان نگهداری پراکسید کاهش یافته است. این امر احتمالاً به دلیل تجزیه محصولات اکسیداسیونی چربی در طول زمان نگهداری است (Azadmard-Damirchi, 2010; Srivastava et al., 2007). البته لازم به توضیح اینکه عدد پراکسید تمامی نمونهها در محدود قابل قبول و زیر ۱ میلی اکی والان اکسیژن بازاء کیلوگرم روغن قرار داشت.



شکل ۷. روند تغییرات عدد پراکسید تهیه شده از تیمارهای آزمایشی مختلف در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ نگهداری. نتایج میانگین سه تکرار بوده، بازه های خطا معرف انحراف معیار استاندارد و حروف لاتین بزرگ غیرمشابه بیانگر معنی دار بودن ($p < 0.05$) تفاوت میانگینها در بین تیمارها و حروف لاتین کوچک غیرمشابه بیانگر معنی دار بودن ($p < 0.05$) تفاوت میانگینها در بین روزهای ارزیابی است.

ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی کیکهای تهیه شده از تیمارهای آزمایشی مختلف برای ویژگیهای شکل ظاهری، رنگ مغز کیک، سفتی بافت، عطر و طعم و امتیاز یا پذیرش کلی برای روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ ارزیابی به ترتیب در شکل ۸ الف، ب و ج نشان داده شده است. در تمام روزهای ارزیابی امتیازهای حسی کیکهای تهیه شده از امولسیفایرهای ژلی بویژه کیک حاوی سفیده به علاوه سافتکس بالاترین مقدار را بخود اختصاص داد و بعد از آن نمونههای گلدن و جیلک در رتبههای بعدی قرار داشتند. این نتایج مشابه نتایج آزمونهای فیزیکی مانند حجم، ارتفاع و تخلخل کیک بود که همان رتبههای کیفی برای کیکهای حاوی امولسیفایر در مقایسه با سایر تیمارها به دست آمد. ضعیف

و بهترین تقارن کیک مربوط به نمونه حاوی سفیده به‌علاوه سافتکس بود و بعد از آن نمونه‌های گلدن و جیلک در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. کیک‌های تهیه شده از امولسیفایرهای ژلی نسبت به سایر تیمارها دانسیته‌های جسمی و حجمی پایین‌تر و تخلخل بالاتری نشان دادند. نتایج آزمون اندازه گیری سختی بافت با روش دستگاهی نشان داد که در کیک‌های حاوی امولسیفایرهای ژلی در زمان‌های مختلف نگهداری بافت کیک نرم باقی ماند. تیمارهای حاوی امولسیفایرهای ژلی نیز اسیدیته چربی و عدد پراکسید در حد مجاز و کمتر از نمونه کنترل را نشان دادند. کیک‌های حاوی هر سه نوع امولسیفایر نسبت به نمونه کنترل و نمونه حاوی زرده و سفیده از لحاظ پذیرش کلی و خواص ارگانولپتیکی امتیازات بالاتری کسب نموده و در طول دو ماه زمان نگهداری خصوصیات کیفی خود را حفظ نمودند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که با جایگزینی زرده تخم مرغ با امولسیفایرهای مناسب و نوظهور در صنعت کیک ضمن مهار عیوب ناشی از اسیدیته چربی، خواص کیفی کیک را می‌توان ارتقاء بخشید و نیز محصولات فاقد کلسترول با خواص حسی بهبود یافته ارائه داد.

REFERENCES

- AACC Approved Methods. American Association of Cereal Chemists (AACC). (2000). St. Paul, Minnesota.
- Akesowan A. (2009). Quality of reduced- fat chiffon cakes prepared with erythritol and sucralose as replacement for sugar. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1, 383-386.
- Ashwini A., Jyotsna R. and Indran, D. (2009). Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 3, 700-707.
- Arozarena I., Bertholo M., Empise J., Bungler A., and Sousa I.D. (2001). Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cake. *European Research Technology*, 213, 312 – 316.
- Arunepanlop, B., Morr, C. V., Karleskind, D., and Laye, I. (1996). Partial replacement of egg white proteins with whey in angel food cakes. *Food Science*. 61(5), 1085–1093.
- Ayoubi A., Habibi M.B. and Karimi, (2008). M. Effect of whey protein concentrate, guar and xanthan gums on the quality and physicochemical properties of muffin cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 4(2), 33-46. (In Farsi)
- Azadmard-Damirchi, S. (2010). Chemistry and analysis of edible oils and fats. Amidi Pub., Tabriz. (In Farsi)
- Azadmard-Damirchi, S. (2012). Food chemistry and analysis. Amidi Pub., Tabriz. (In Farsi)

کاهشی از لحاظ پذیرش کلی را نشان دادند. چون این تیمارها خواص حسی مطلوب و تازه خود را نتوانستند حفظ کنند و به مرور طعم کهنگی و بیاتی گرفته و بافت آنها نیز سفت و خشک شد. به عنوان مثال همانطور که در شکل ۸- ج نیز ملاحظه می‌شود در روز ۶۰ ارزیابی کیک‌های حاوی امولسیفایرهای ژلی امتیازات پذیرش کلی ۴ یا بالاتر از ۴ کسب نمودند که مشابه امتیازات کسب شده برای این کیک‌ها در روز اول ارزیابی است. این نتایج مشابه نتایج اندازه گیری بافت دستگاهی (شکل ۵) یا نتایج اندازه گیری رطوبت (شکل ۲) به‌ویژه برای کیک حاوی سافتکس است که تفاوت معنی داری بین روزهای ارزیابی مشاهده نشد و این کیک‌ها نرمی بافت و رطوبت خود در طول مدت نگهداری حفظ کردند.

نتیجه‌گیری کلی

با افزودن امولسیفایرهای ژلی دانسیته خمیر کیک به طور معنی‌داری کاهش یافت. کیک حاصل از سایر امولسیفایرهای ژلی نیز به ترتیب رطوبت بالاتری از نمونه کنترل، نمونه حاوی سفیده خالص و زرده خالص نشان دادند. بالاترین حجم و ارتفاع

- Bennion E.B. and Bamford G.S.T. (1997). The technology of cake making, 6th Edition. Blackie Academic & Professional. London.
- Baeva M.R., Pancheve I.N. and Terzieva V.V. (2000). Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cake. *Die Nahrung*, 44, 242-246.
- Borneo R., Aguirr, A. and Leo, A.E. (2010). Chia (*Salvia hispanica L*) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulation. *American Dietetic Association*, 110, 946-949.
- Fatemi, H. (1999). Food chemistry. Enteshar Pub., Tehran. (In Farsi)
- Frye A.M. and Sester C.S. (1992). Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes. *Cereal Chemistry*, 69, 338-43.
- Gomez M., Ronda F., Caballero P.A., Blanco C.A. and Rosell C.M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 21, 167-173.
- Jyotsna R., Prabhasankar P., Indrani D. and Venkateswara Rao G. (2004). Cake Batters with Emulsifier Gels. *Journal of Food Science*, 69(1), 16-19.
- Kocer D, Hicsasmaz Z, Bayindirli A, Katnas S.A. (2006). Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat- replacer. *Journal of Food Engineering*, 78, 953-964.

- Lakshminaraya, S.M., Rathina, V, and Krishnaran L. (2006). Effect of maltodextrin and emulsifiers on the viscosity of cake batter and on the quality of Cakes. *The Science of Food and Agriculture*, 86(5), 706–712.
- Lin S.D., Hwang C.F. and Yeh C.H. (2003). Physical and sensory characteristics chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. *Journal of Food Science*, 68, 2107-2110.
- Mine, Y. and Zhang. (2013). Egg components in food systems. *Biochemistry of Foods*, 3, 215-241.
- O'Brien R.D. (2004). *Fats and Oils: formulating and processing for applications*. CRC, Boca Raton
- Payan, R. (2005). *An introduction to cereal Products technology*. 3rd Ed. Aeezh Pub., Tehran. (In Farsi)
- Peighambaroust, S.H. (2009). *Cereal products technology*, Vo. 2. Tabriz University of Medical Sciences Pub., Tabriz. (In Farsi)
- Privett O. S., Blank M.L. and Schimit J.A. (1962). Studies on the composition of egg lipid. *Journal of Food Science* 27(5), 463-468.
- Rahmati N.F. and Mazaheri Tehrani M. (2014). Influence of different emulsifiers on characteristics of eggless cake containing soy milk: Modeling of physical and sensory properties by mixture experimental design. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9):1697-1710.
- Rajabzadeh, N. (2003). *Principles of cereal technology*. Tehran University Pub., Tehran. (In Farsi)
- Richardson G., Langton M., Faldt P. and Hermansson A.M. (2002). Microstructure of α -crystalline emulsifiers and their influence on air incorporation in cake batter. *Cereal Chemistry* 79:546–552.
- Ratnayake W.S., Geera B. and Rybak D.A. (2012). Effects of egg and egg replacers on yellow cake product quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(1), 21-29.
- Siswoyo T.A. and Morita N. (2001). Influence of acyl chain lengths in mono and diacyl-sn-glycerophosphatidylcholine on gelatinization and retrogradation of starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:4688–4693.
- Tattie N.H. (1959). Positional distribution of saturated and unsaturated fatty acids on egg yolk. *Journal of Lipid Research*, 1(1), 60-65.
- Wilderjans E., Luyts A., Brijs K. and Delcour J.A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science and Technology*, 1, 6-15.