بررسی خصوصیات شیمیایی و حسی کیک شیفون رژیمی با استفاده از آرد کتان، شیره توت و پودر سنجد

علی نیکدل [a]، احمد پدرام نیا [*b]، مهدی جلالی [b]

[a] *دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران*

[*b] *استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۳۰

https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080123.1402.20.2.2.2 DOI:10.30495/JFTN.2022.65775.11183

چکیده

مقدمه: امروزه به واسطه علاقه مصرف‌کنندگان به ویژگی‌های تغذیه‌ای مواد غذایی درخواست برای تولید مواد غذایی کم کالری افزایش یافته، در این پژوهش استفاده از آرد کتان، شیره توت و پودر سنجد به عنوان ترکیباتی موثر در کاهش مقدار انرژی دریافتی، بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی کیک شیفون مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: برای تهیه کیک رژیمی، از سه متغیر پودر سنجد (۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد)، شیره توت (۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد) و آرد کتان (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) به ترتیب به عنوان جایگزین‌های آرد گندم، شکر و تخم‌مرغ استفاده شد. پارامترهای فیزیکوشیمیایی (pH، چربی، اسیدیته چربی، پراکسید، قند کل و فعالیت آبی) و حسی (طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی) بررسی و با روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی، نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای تعیین میزان ماندگاری کیک، بعد از مشخص نمودن فرمولاسیون نمونه بهینه تولیدی، از آزمون اندازه‌گیری کپک و مخمر استفاده گردید. همچنین بررسی نتایج آنالیز متغیرهای مستقل بر میزان شاخص‌های ارزیابی شده، در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت کیک شیفون صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر خطی شیره توت و پودر سنجد بر شاخص‌های چربی، پراکسید و فعالیت آبی معنی‌دار بود. در بین متغیرهای مستقل بیشترین اثر توان دوم مربوط به آرد کتان بود که بر پارامترهای pH، چربی، اسیدیته چربی، پراکسید و قند کل معنی‌دار شد. بالاترین تاثیر متقابل متغیرها در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مربوط به اثر شیره توت – آرد کتان بود، که در بهبود مقادیر چربی، اسیدیته، پراکسید، قند کل و فعالیت آبی و در خصوصیات حسی اثر متقابل شیره توت – پودر سنجد بیشترین تاثیر را داشت که در افزایش شاخص‌های طعم و پذیرش کلی معنی‌دار شدند. مقادیر به دست آمده برای اندازه‌گیری میزان ماندگاری کیک، براساس کیک‌های تولیدی بهینه، برای ۱۰ روز اول بعد از تولید نشان دهنده عدم وجود کپک و مخمر بود.

نتیجه‌گیری: در نهایت متغیرهای مستقل در شرایط بهینه فرمولاسیون کیک شیفون برای آرد کتان، شیره توت و پودر سنجد به ترتیب ۱۱/۲۵، ۴۸/۳۵ و ۲۳/۷۵ درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: *آرد کتان، پودر سنجد، شیره توت، کیک شیفون*

[*] نویسنده مسئول مکاتبات email: ahmadpedram@yahoo.com

مقدمه

امروزه تولیدات صنعت غذا با چالش‌هایی مانند فراهم کردن غذاهای سلامتی بخش روبروست. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که الگوی مصرف غذایی با افزایش مصرف مواد قندی و چربی‌ها همراه بوده که این تغییر عادات غذایی با روند صعودی ابتلا به بیماری‌های مزمن همراه خواهد بود (Namakin *et al*., 2012). یکی از روش‌های تولید چنین غذاهایی، کاهش و یا حذف ترکیبات پرکالری و مخاطره آمیزی مانند چربی و شکر از فرمولاسیون میان وعده‌هایی مانند انوع کیک‌ها می‌باشد. به طور معمول کیک‌ها از آن دسته از محصولات نانوایی هستند که از ترکیباتی نظیر آرد، شکر، تخم‌مرغ، چربی یا روغن و افزودنی‌های مجاز تشکیل می‌گردد (Bennion & Bamford, 1997). کیک شیفون، در دسته‌ای مابین کیک‌های اسفنجی (حاوی سفیده تخم‌مرغ) و کیک‌های روغنی (حاوی روغن و بیکینگ پودر) قرار دارد (Amirabadi et *al*., 2015).

استفاده از تخم‌مرغ تازه به دلیل احتمال آلودگی میکروبی، وجود پس طعم و نیز مقادیر بالای کلسترول زرده و نیز افزایش اسیدیته چربی محصول نهایی، به منظور استفاده در محصولی مانند کیک چالش برانگیز است (Miranda *et al*., 2015). یکی از راهکارهای مناسب برای حل این مشکل همان طور که بیان شد جایگزینی دانه‌ها و یا حتی سبزی‌ها، از جمله استفاده از دانه کتان به جای لستین زرده تخم‌مرغ است. کتان به نام علمی *linum usitatissimum* یکی از دسته گیاهان گلدار، رده دو لپه‌ای، راسته مالپیگی سانان، تیره کتانیان، سرده کتانیان لینوم می‌باشد. میوه این گیاه به صورت تک دانه‌ای است که flaxseed یا linseed گویند. دانه‌های این گیاه به رنگ زرد تا قهوه‌ای می‌باشد که تمدن‌های اولیه در مصر قدیم و یونان از این گیاه به عنوان گیاه دارویی استفاده نموده‌اند. غنی از اسید آلفالینولنیک، ترکیبات فیتوکمیکال، فیبر رژیمی و پروتئین می‌باشد که باعث جلوگیری از بیماری‌های قلبی – عروقی شده، همچنین عمل گوارش را در بدن تسهیل کرده و برای کنترل وزن نیز بسیار مؤثر است (Lim *et al*., 2010; Freeman, 1995)).

جایگزین شکر یک افزودنی غذایی است که اثر شکر را در طعم و مزه، معمولاً با انرژی کمتری دارا می‌باشد. برخی از جایگزین‌های شکر، طبیعی و برخی از آن‌ها، مصنوعی هستند. شیره توت سفید محتوی مقادیر بالای قند، مواد معدنی و اسیدهای آلی بوده و چون دارای ۸۰ درصد کربوهیدرات به شکل منوساکارید است به راحتی جذب بدن می‌شود (Yoğurtçu & Kamişli, 2005). میوه رسیده توت حاوی مقادیر زیادی رزوراترول می‌باشد. این ترکیب نوعی فیتوآلکسین با ساختار پلی‌فنلی است که در گیاهان دارای خاصیت ضد قارچی، ضد سرطانی، ضد ویروسی، ضد التهابی و ضد پیری بوده و حتی در حفاظت سیستم عصبی موثر است (Elhami rad, 2002).

از سوی دیگر یکی از دغدغه‌های محققین صنایع غذایی، بهبود ارزش تغذیه‌ای این ماده غذایی پرمصرف می‌باشد که می‌توان از طریق ترکیبات فراسودمند این هدف را تحقق بخشید. سنجد به علت دارا بودن مقدار فراوانی تانن‌ها که منجر به کاهش کلسترول و اثرات سیتوتوکسیک که بر روی سلول‌های سرطانی دارند و همچنین فلاونوئیدها که اثرات ضد درد و ضد التهابی دارند می‌تواند در مواد غذایی به عنوان یک ماده عملگرا مورد استفاده قرار گیرد (Erdemoglu *et al*., 2008). سنجد با نام علمی *Elaeagnaceae* از خانواده *laeagnus angustifolia L* بوده و قابلیت رشد در شرایط آب و هوایی مختلف را داراست (Klich, 2000). در سنجد ترکیبات پلی‌ساکاریدی (گلوکز، مانوز، گالاکتوز، فروکتوز، و رامنوز)، فلاونوئیدها، کومارین‌ها، فنل‌کربوکسیلیک اسیدها، آمینواسیدها، ساپونین‌ها، کارتنوئیدها، ویتامین‌ها و تانن‌ها وجود دارد. روتین[1]، کوئرستین[2]، ایزورامنتین[3]، ایزورامنتین- سه- او- بتا- گالاکتوپیرانوسید[4]، الاگنوسید[5]، کامپفرول[6]، در بخش ترکیبات فلاونوئیدی میوه سنجد وجود دارد (Ahmet ayaz & Bertoft, 2001).

در طی تحقیقی شیره خرما حاوی فروکتوز و سوربیتول به عنوان جایگزین ساکارز و تأثیرش روی کیفیت کیک مورد مطالعه قرار گرفت، ارزیابی حسی کیک در فواصل زمانی مختلف نگهداری نشان داد که خصوصیات طعم، بافت و رنگ کیک زمانی که شیره خرما به نسبت ۵۰ ٪

[1] Rutin [2] Quercetin [3] Isorhamentine [4] Isorhamentin-3-o-ß-galactopyranoside [5] Eleagnoside [6] Kaempferol

جایگزین شده، بهتر بود. بیشترین میزان کالری در نمونه حاوی ۱۰۰ ٪ ساکارز مشاهده شد در حالی که کمترین میزان کالری با شیره خرما با سطح جایگزینی ۱۰۰ ٪ مشاهده شد (Tufail *et al*., 2002). در بررسی دیگری ارزیابی حسی و بافتی کلوچه غنی شده با آرد سنجد صورت گرفت. در این تحقیق دو نوع آرد در نظر گرفته شد، آردهای بدست آمده از مزوکارپ میوه سنجد[1] و پریکارپ میوه سنجد[2] که در ادامه نتایج نشان داد که غنی‌سازی آرد کلوچه با آرد سنجد، محتوای فیبر را افزایش و کالری محصول نهایی تولیدی را کاهش می‌دهد (Sahan *et al*., 2013). Moraes و همکاران (۲۰۱۰) به تولید کیک‌هایی با جایگزینی آرد دانه کتان پرداختند. نتایج بیانگر آن بود که سطح فیبر غذایی و اسید لینولنیک محصول افزایش یافت. فرمولاسیون کیکی با ۴۵ درصد آرد دانه کتان به طور قابل توجهی پراکسیداسیون پائین‌تری نسبت به کیک‌های تهیه شده با غلظت‌های کمتر داشت. هدف از این مطالعه بررسی اثر جایگزینی آرد، شکر و تخم‌مرغ به ترتیب با پودر سنجد، شیره توت و آرد کتان بر خصوصیات شیمیایی و حسی کیک شیفون است.

مواد و روش‌ها

- مواد

در پژوهش حاضر برای تولید کیک از آرد گندم با درجه استخراج ۷۲ درصد از کارخانه گلها (تهران – ایران) شیره توت با بریکس ۷۴ درصد از کارخانه رازقی (تبریز – ایران)، دانه کتان، سنجد، تخم‌مرغ، شکر، روغن نباتی مایع، اسانس کره، کرم تارتار، وانیل و بیکینگ پودر که از بازار محلی مشهد و شرکت‌های معتبر تهیه شدند.

- تهیه پودر سنجد

میوه درخت سنجد رقم خرمائی خریداری و پس از تمیز کردن و جداکردن ناخالصی‌ها توسط آسیاب چکشی پودر و سپس با الک با مش ۶۰ الک شد. پودر سنجد حاصله حاوی پوسته، قسمت میانبر آردی و هسته بود. پودر سنجد در کیسه پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

- تهیه آرد کتان

دانه کتان پس از تمیز کردن و جداسازی مواد خارجی موجود در آن، به کمک آسیاب برقی آسیاب شد و به منظور کنترل اندازه گرانول‌ها از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شد. سپس آرد کتان در کیسه پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

- آزمون‌های شیمیایی آردها

آزمون‌های شیمیایی صورت گرفته بر روی آرد گندم، پودر سنجد و آرد کتان، مطابق با استاندارد (AACC,۲۰۰۰) انجام شد که شامل اندازه‌گیری رطوبت (شماره ۱۶-۴۴)، خاکستر (شماره ۰۱-۰۸)، پروتئین (شماره ۱۲-۴۶) و چربی (شماره ۱۰-۳۰) بودند.

- تهیه کیک شیفون

در تهیه کیک شیفون از آرد گندم (۱۰۰ درصد)، روغن مایع (۳۶ درصد)، آب (۵۰ درصد)، شکر (۷۱ درصد)، تخم‌مرغ کامل (۱۳۳ درصد)، بیکینگ پودر (۳/۳ درصد)، وانیل (۰/۴۵ درصد)، کرم تارتار (۰/۸ درصد) و اسانس کره (۶ درصد) استفاده شد. لازم به ذکر است در این تحقیق ۱۰، ۴۰ و ۷۰ درصد شکر مصرفی در فرمولاسیون حذف و به ترتیب میزان شکر حذفی با ۹۰، ۶۰ و ۳۰ درصد شیره توت و همچنین ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد از تخم‌مرغ موجود در تهیه خمیر کیک شیفون به ترتیب با ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد آرد کتان جایگزین شدند. به منظور تهیه خمیر کیک شیفون، ابتدا تمام مواد اولیه توزین و سپس تمام مواد خشک (آرد، شکر، بیکینگ پودر، وانیل) با هم مخلوط و سه مرتبه الک شدند. زرده و سفیده تخم‌مرغ جدا و با دور ۵ همزن خانگی به مدت ۹۰ ثانیه تا شکل گرفتن سفیده زده و در انتها مقداری از شکر و کرم تارتار به سفیده اضافه گردیدند. زرده تخم‌مرغ، آب، روغن و اسانس کره با هم به مدت ۲۰ ثانیه با دور ۱ همزن خانگی مخلوط و در چند مرحله در مواد خشک اضافه و کل مواد اولیه به مدت ۹۰ ثانیه با یکدیگر مخلوط شدند. در نهایت سفیده شکل گرفته در چند مرحله به سایر مواد اضافه و تا رسیدن به مخلوطی یکنواخت با هم مخلوط شد. سپس ۱۰۰ گرم از خمیر در قالب مخصوص کیک ریخته و در فر با دمای ۱۷۰ درجه

[1] Oleaster Mesocarp Flour

[2] Oleaster Mesocarp Flour with Pericarp

سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه پخته و سپس کیک‌های تولیدی، به مدت ۱ ساعت در دمای محیط ۳۰ درجه سانتی‌گراد سرد شدند. کیک‌های تولیدی با متغیرهای پودر سنجد جایگزین آرد گندم، شیره توت جایگزین شکر و آرد کتان جایگزین تخم‌مرغ موجود در فرمولاسیون نمونه شاهد و همچنین نمونه شاهد به طور جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی به منظور ارزیابی خصوصیات شیمیایی، میکروبی و حسی بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری و تمامی شاخص‌های مورد نظر در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت ارزیابی شدند (Amirabadi *et al*., 2015).

– آزمون‌های فیزیکوشیمیایی کیک شیفون

برای تعیین شاخص‌های فیزیکوشیمیایی در این مطالعه یعنی فعالیت آبی، میزان چربی براساس فرآیند سوکسله، میزان اسیدیته روغن استخراج شده موجود در ۱۰۰ گرم چربی نمونه مورد آزمایش برحسب اسید اولئیک، عدد پراکسید برحسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن استخراجی، مقدار قند کل و pH از استاندارد ملی ایران (ISIRI, 2553) استفاده گردید.

– آزمون حسی کیک شیفون

ارزیابی حسی توسط ۱۰ نفر از ارزیابان صورت گرفت. کیک‌های تهیه شده بعد از پخت با کدهای سه رقمی همراه با پرسشنامه‌ای در اختیار ارزیابان قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد، تا با در نظر گرفتن کیفیت کامل شامل سفتی و نرمی بافت، رنگ پوسته و مغز، طعم و بو و در نهایت پذیرش کلی کیک‌ها را در رتبه‌های ۱ تا ۵ قرار دهند، به طوری که به بهترین کیک از نظر کیفیت رتبه ۵ و نازلترین رتبه ۱ دهند (Yaseen *et al*., 2010).

– آزمون‌های میکروبی کیک شیفون

به منظور تعیین کپک و مخمر آزمونه‌ای به مقدار X گرم را به ۹X محلول رقیق‌کننده افزوده و مخلوط شدند تا رقت 10^{-1} (سوسپانسیون اولیه) به دست آید. با یک پی‌پت سترون یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون اولیه را به هر یک از دو پلیت سترون (دوتایی) اضافه کرده و در صورت نیاز برای سایر رقت‌های اعشاری نیز با استفاده از یک پی‌پت سترون این کار تکرار شد. به هر یک از پلیت‌ها حدود ۱۵ تا ۲۰ میلی‌لیتر از محیط کشت با دمای ۴۴ تا ۴۷ درجه سانتی‌گراد افزوده و کاملا مخلوط گردیدند. زمان لازم بین تلقیح و افزودن محیط کشت نباید از ۱۵ دقیقه بیشتر شود. سپس پلیت‌های آماده شده پس از بستن محیط کشت به صورت وارونه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان ۵ روز گرمخانه‌گذاری شدند (INSO, 2395).

– تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق از متدولوژی سطح پاسخ (RSM) با طرح مرکب مرکزی صاف (FCCD) جهت یافتن اثر متغیرهای مستقل شامل شیره توت (A)، آرد کتان (B) و پودر سنجد (C) (جدول ۱) بر pH، چربی، اسیدیته و پراکسید روغن، قند کل، فعالیت آبی و خصوصیات حسی مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های به دست آمده در این طرح با استفاده از نرم‌افزار Design Expert مدل‌سازی شده و شکل‌های سه بعدی (منحنی‌های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ و متغیرهای مستقل رسم شد. جهت تعیین نقطه بهینه از روش بهینه‌یابی عددی نرم افزار مذکور استفاده گردید. تابع پاسخ (y) شامل خصوصیات شیمیایی و حسی بود که بر آن‌ها مدل چند جمله‌ای درجه دوم زیر برازش شد.

جدول ۱- معرفی حدود متغیرهای شیره توت، آرد کتان و پودر سنجد در تولید خمیر کیک شیفون

Table 1- Introducing the variables of mulberry juice, flaxseed flour and oleaster powder in the production of chiffon cake dough

Factor	Code	Min	Max
Mulberry juice (%)	A	30	90
Flaxseed flour (%)	B	10	30
Oleaster powder (%)	C	15	45

رابطه (۱)

$$y = b0 + b1x1 + b2x2 + b3x3 + b4x4 + b11x12 + b22x22 + b33\,x32 + b44\,x42 + b12x1x2 + b13x1x3 + b14x1x4 + b23x2x3 + b24x2x4 + b34x3x4 + \varepsilon$$

که b_0، b_i، b_{ii} و b_{ij} ضرایب رگرسیونی برای به ترتیب عرض از مبدا، و اثرات خطی، درجه دوم و برهم‌کنش هستند. ضرایب مدل با استفاده از روش حداقل مربعات که یک تکنیک رگرسیونی چندگانه است، محاسبه می‌گردند. پس از بدست آوردن ضرایب رگرسیونی، پاسخ تخمین زده شده را می‌توان به سادگی با استفاده از رابطه مدل محاسبه کرد. در این پژوهش از ۱۷ اجرا با ۳ تکرار در نقاط مرکزی، استفاده شد و در نهایت تعداد تیمارهای طراحی شده توسط نرم‌افزار در جدول (۲) حاصل گردید.

جدول ۲- طراحی آزمایش ها با استفاده از نرم افزار Design Expert بر مبنای سه متغیر مستقل شیره توت، آرد کتان و پودر سنجد برای تولید کیک شیفون

Table 2- Designing experiments using Design Expert software based on three independent variables of mulberry juice, flaxseed flour and oleaster powder to produce chiffon cake

Run	Factor 1 Mulberry juice (%)	Factor 2 Flaxseed flour (%)	Factor 3 Oleaster powder (%)
1	60	20	30
2	30	10	30
3	60	30	45
4	90	30	30
5	60	20	30
6	30	20	15
7	60	30	15
8	30	20	45
9	60	20	30
10	30	30	30
11	60	10	15
12	90	20	45
13	90	20	15
14	60	20	30
15	90	10	30
16	60	20	30
17	60	10	45

یافته‌ها

جدول (۳) نتایج ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های آرد گندم و آرد کتان و پودر سنجد مصرف شده در تولید کیک شیفون می‌باشد.

تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان pH در شکل‌های سطح پاسخ نشان داده شده است (شکل ۱). در این شکل تاثیر آرد کتان و پودر سنجد (شیره توت ثابت)، آرد کتان و شیره توت (پودر سنجد ثابت) و پودر سنجد و شیره توت (آرد کتان ثابت) بر تغییرات pH کیک شیفون ملاحظه می‌شود.

جدول ۳- خواص فیزیکوشیمیایی آردها

Table 3- Physicochemical properties of flours

Physicochemical properties (%)	Wheat	Flaxseed	Oleaster
Moisture	11.23	3.83	7.78
Protein	10.50	20.98	7.53
Fat	2.80	45.09	1.93
Ash	0.45	3.03	1.91

تنها اثر معنی‌دار برای شیره توت، اثر توان دوم ($P<۰/۰۱$) آن می‌باشد. نتایج آنالیز واریانس داده‌های pH نشان داد که از لحاظ میزان pH بین نمونه‌های کیک شاهد و حاوی متغیر شیره توت هیچ گونه تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. با توجه به ضریب متغیرهای مستقل در رابطه (۶) مشاهده می‌شود که تنها اثر توان دوم ($P<۰/۰۱$) آرد کتان تاثیر عمده‌ای بر تغییرات pH داشته است. با افزایش سطح جایگزینی pH کیک کاهش یافت به طوری که بیشترین مقدار pH مربوط به نمونه شاهد و کمترین مقدار pH مربوط به نمونه‌های دارای ۳۰ درصد آرد کتان بود. با افزودن پودر سنجد مانند دو متغیر مستقل دیگر یعنی آرد کتان و شیره توت فقط اثر توان دوم ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان پودر سنجد از ۱۵ تا ۴۵ درصد مقدار شاخص pH به صورت خطی کاهش یافته است. با توجه به نتایج حاصل این سه متغیر به ترتیب اثر متقابل پودر سنجد–آرد کتان و پودر سنجد–شیره توت تاثیر بیشتری بر pH داشتند. با افزایش میزان پودر سنجد و کاهش مقادیر آرد کتان و شیره توت، مقدار pH روندی کاهشی را از خود نشان داد به طوری که میزان pH از ۶/۷۲ به ۶/۷۰ کاهش یافت. بیشترین مقدار pH مربوط به اثر متقابل پودر سنجد و شیره توت با میزان ۶/۹۵ بدست آمد.

رابطه (۲)

$$pH = +6.630 - 25.870\,A - 0.060\,B - 0.014\,C - 0.003\,AB + 0.001\,AC + 0.008\,BC + 0.004\,A^2 + 0.016\,B^2 + 0.009\,C^2$$

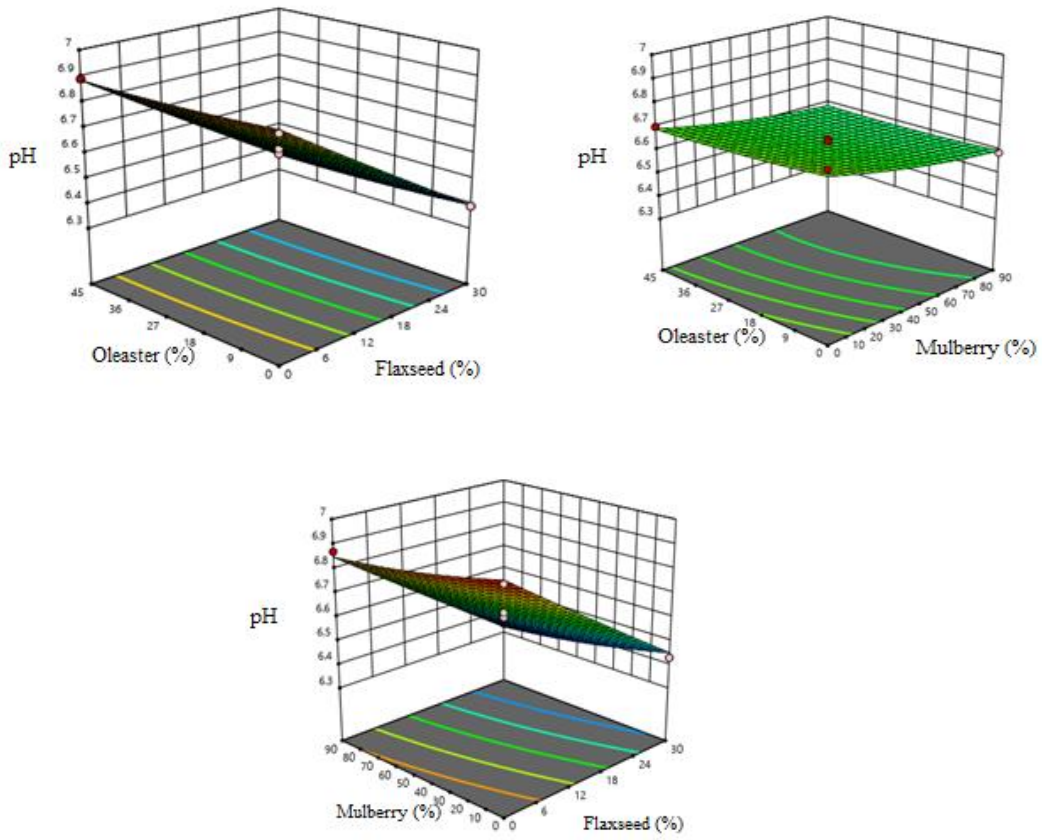

Figure 1- Response surface diagrams for pH and determine the effect of independent variables

شکل ۱- نمودارهای سطح پاسخ برای pH و مشخص نمودن تاثیرگذاری متغیرهای مستقل

تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان چربی کیک شیفون به صورت شکل‌های سطح پاسخ در شکل (۲) نمایش داده شده است. در کل نتایج آنالیز اثر متغیرهای فرآیند بر میزان چربی نشان داد که اثرات خطی و توان دوم پودر سنجد، شیره توت و آرد کتان در مدل بدست آمده برای میزان قند معنی‌دار بودند.

از شکل سطح پاسخ چنین مشخص می‌شود که رابطه شیره توت با چربی کیک شیفون به صورت خطی است که این روند توسط معنی‌دار بودن اثر خطی مدل ($P<۰/۰۰۱$) تایید می‌شود. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار شیره توت از حدود ۶۰ به ۹۰ درصد، میزان چربی افزایش جزئی یافته است. با توجه به ضرایب متغیرهای مستقل در رابطه (۷) مشاهده می‌شود که آرد کتان تاثیر معنی‌داری بر تغییرات چربی داشته، به طوری که اثرات خطی($P>۰/۰۵$)، روندی کاهشی ولی توان دوم ($P<۰/۰۱$)، حالتی افزایشی را از خود نشان داده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در بین متغیرهای مستقل فقط پودر سنجد بر میزان چربی کیک شیفون موثر بود، به طوری که اثرات خطی ($P<۰/۰۰۰۱$) و درجه دوم ($P<۰/۰۵$) در مدل ارائه شده معنی‌دار شدند. نتایج آنالیز واریانس اثر متقابل پودر سنجد، آرد کتان و شیره توت مشخص نمود که هر سه متغیر تاثیر مثبتی بر میزان چربی دارند که البته اثر متقابل پودر سنجد–آرد کتان در این بین بیشتر بود. با افزایش مقادیر پودر سنجد از ۳۰ تا ۴۵ درصد و آرد کتان از ۲۰ تا ۳۰ درصد، مقدار چربی به طور چشمگیری کاهش یافت. بیشترین میزان اندیس چربی مربوط به مقادیر ۱۵ درصد پودر سنجد و ۳۵ درصد شیره توت با مقدار ۱۱/۴۰ درصد و کمترین مقدار چربی مربوط به اثر متقابل پودر سنجد و آرد کتان حاصل شد که برابر با ۷/۵ درصد بود.

رابطه (۳)

$$Fat = +7.700 + 0.001\,A - 2.299\,B + 0.088\,C + 0.001\,AB + 0.001\,AC + 0.025\,BC - 0.038\,A^2 + 0.588\,B^2 + 0.038\,C^2$$

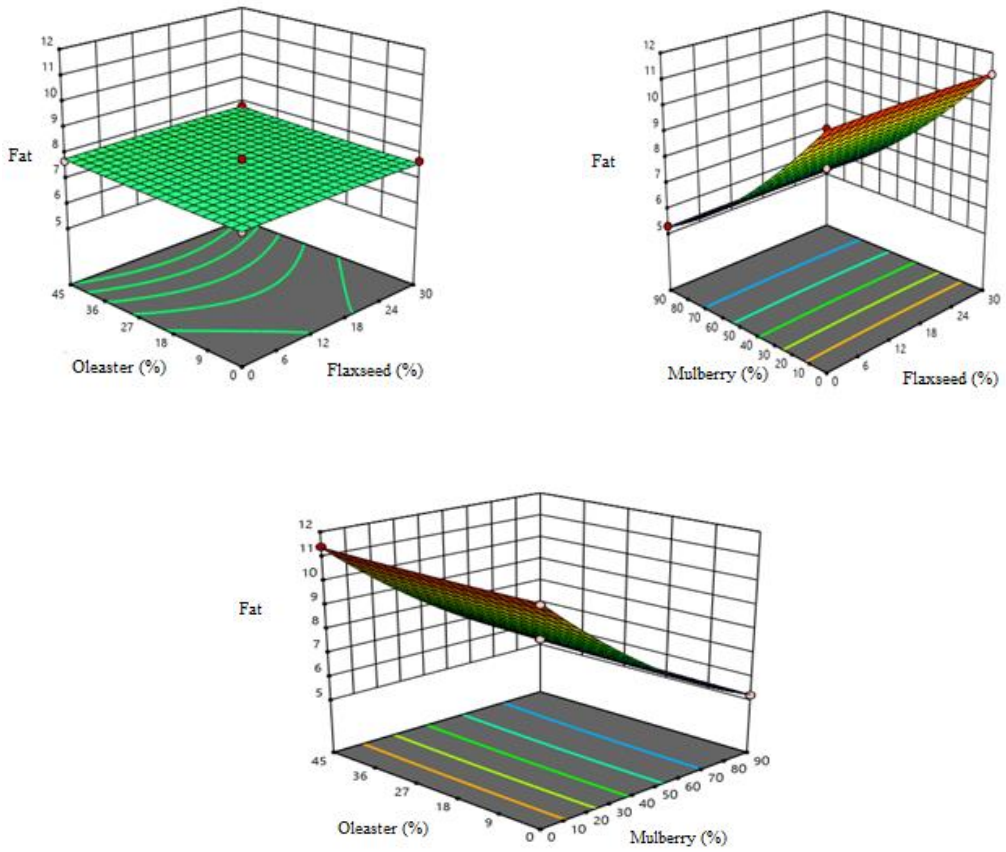

Figure 2- Response surface diagrams for fat and determine the effect of independent variables

شکل ۲- نمودارهای سطح پاسخ برای چربی و مشخص نمودن تاثیرگذاری متغیرهای مستقل

تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان اسیدیته چربی کیک شیفون به صورت شکل‌های سه بعدی سطح پاسخ در شکل (۳) نشان داده شده است. در این شکل تاثیر پودر سنجد و آرد کتان (شیره توت ثابت)، پودر سنجد و شیره توت (آرد کتان ثابت) و آرد کتان و شیره توت (پودر سنجد ثابت) بر تغییرات اسیدیته چربی کیک نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس متغیرهای فرآیند بر میزان اسیدیته نشان داد که توان دوم پودر سنجد و آرد کتان در مدل بدست آمده پارامتر اسیدیته معنی‌دار بودند.

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که رابطه شیره توت با اسیدیته چربی به صورت خطی است که این روند توسط معنی‌دار بودن اثر خطی مدل ($P<۰/۰۰۱$) تایید می‌شود. با افزودن آرد کتان به فرمولاسیون کیک شیفون فقط اثر توان دوم ($P<۰/۰۱$) معنی‌دار شد. به طوری که با افزایش مقدار آرد کتان از ۲۰ تا ۳۰ درصد شاخص اسیدیته چربی به صورت خطی کاهش یافت. با توجه به ضریب متغیرهای مستقل در رابطه (۸) مشاهده می‌شود که تنها اثر توان دوم ($P<۰/۰۱$) آرد کتان تاثیر عمده‌ای بر تغییرات اسیدیته چربی داشته است. نتایج آنالیز واریانس معنی‌داری اثر متقابل پودر سنجد–آرد کتان و شیره توت – آرد کتان را در کیک شیفون نشان داد ($P<۰/۰۵$). بررسی‌ها مشخص نمود افزایش مقدار پودر سنجد و آرد کتان میزان اسیدیته چربی را از ۰/۲۳ به ۰/۱۸ کاهش دادند اما با افزایش مقدار آرد کتان از ۱۰ تا ۳۰ درصد و شیره توت از ۳۰ تا ۹۰ درصد شاخص اسیدیته چربی به ۰/۱۵ کاهش پیدا کرد.

رابطه (۴)

$$\begin{aligned} Fatty\ acidity = {} & +0.179 + 0.001\ A \\ & - 0.411\ B - 0.001\ C \\ & + 0.001\ AB - 0.005\ AC \\ & + 0.008\ BC - 0.038\ \mathrm{A}^2 \\ & + 0.005\ \mathrm{B}^2 + 0.007\ \mathrm{C}^2 \end{aligned}$$

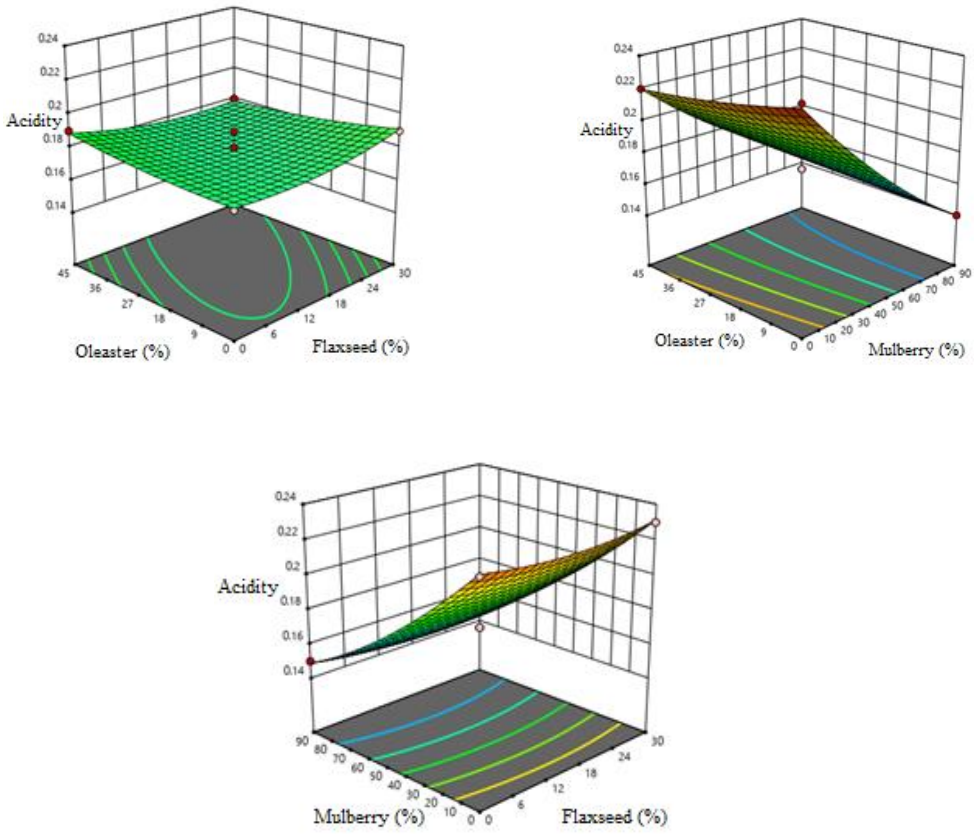

Figure 3- Response surface diagrams for fatty acidity and determine the effect of independent variables

شکل ۳- نمودارهای سطح پاسخ برای اسیدیته چربی و مشخص نمودن تاثیرگذاری متغیرهای مستقل

تاثیر متغیرهای مستقل بر میزان پراکسید کیک شیفون به صورت شکل‌های سطح پاسخ در شکل (۴) نمایش داده شده است. در کل نتایج آنالیز اثر متغیرهای فرآیند بر میزان پراکسید نشان داد که اثر خطی شیره توت و پودر سنجد در مدل بدست آمده برای میزان پراکسید معنی‌دار بود.

با افزودن شیره توت به فرمولاسیون کیک شیفون فقط اثر خطی ($P<$۰/۰۰۱) معنی‌دار شد. به طوری که با افزایش مقدار آرد کتان از ۶۰ تا ۹۰ درصد شاخص پراکسید به صورت خطی افزایش یافت. با توجه به ضریب متغیرهای مستقل در رابطه (۹) مشاهده می‌شود که تنها اثر توان دوم ($P<$۰/۰۱) آرد کتان تاثیر عمده‌ای بر تغییرات پراکسید داشته و توانست به صورت خطی این شاخص را کاهش دهد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که رابطه پودر سنجد با پراکسید چربی به صورت خطی است که این روند توسط معنی‌دار بودن اثر خطی مدل ($P<$۰/۰۰۱) تایید می‌شود. بررسی اثرات خطی و توان دوم نشان داد که اثر پودر سنجد بیشتر از دو متغیر مستقل دیگر در کاهش شاخص پراکسید تاثیر داشت. با توجه به نتایج حاصل از اثر متقابل این سه متغیر مستقل مشخص شد که، اثر متقابل پودر سنجد – آرد کتان و شیره توت – آرد کتان تاثیر بیشتری در کاهش شاخص پراکسید داشته‌اند. بررسی‌ها نشان داد به ترتیب اثر پودر سنجد – آرد کتان (کاهش پودر سنجد و افزایش آرد کتان) و شیره توت – آرد کتان (کاهش شیره توت و افزایش آرد کتان) پارامتر پراکسید چربی را ۰/۶۵ و ۰/۴۷ کاهش دادند که نشان دهنده تاثیر مثبت استفاده از آرد کتان می‌باشد.

رابطه (۵)

$$Peroxide = +0.640 + 0.013\,A - 0.175\,B + 0.013\,C + 0.001\,AB - 0.030\,AC + 0.001\,BC - 0.008\,A^2 + 0.018\,B^2 - 0.007\,C^2$$

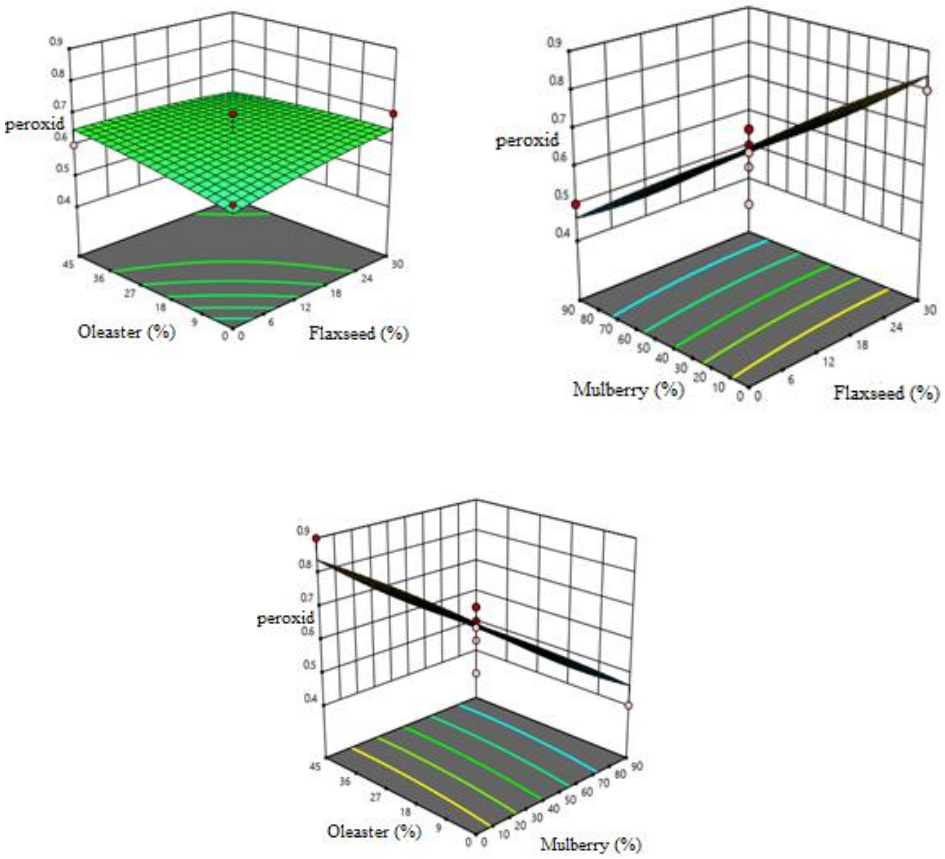

Figure 4- Response surface diagrams for peroxide and determine the effect of independent variables

شکل ٤- نمودارهای سطح پاسخ برای پراکسید و مشخص نمودن تاثیرگذاری متغیرهای مستقل

تاثیر متغیرهای شیره توت، آرد کتان و پودر سنجد بر میزان قند کل کیک شیفون در شکل سطح پاسخ نشان داده شده است (شکل ۵). با توجه به رابطه پیشنهادی (۱۰) مشخص شد اثر خطی افزایش شیره توت و پودر سنجد می‌توانند در حد مناسبی بر میزان قند کل موثر باشد.

با افزودن شیره توت به فرمولاسیون کیک شیفون فقط اثر توان دوم ($P<$۰/۰۱) معنی‌دار شد. به طوری که با افزایش مقدار شیره توت از ۳۰ تا ۹۰ درصد قند کل به صورت خطی کاهش یافت. با توجه به ضریب متغیرهای مستقل در رابطه (۱۰) مشاهده می‌شود که آرد کتان تاثیر مناسبی بر تغییرات قند کل کیک شیفون داشته است. که معنی‌دار بودن اثرات خطی ($P<$۰/۰۰۰۱) و توان دوم ($P<$۰/۰۵) آن موید این مطلب می‌باشد. از شکل سطح پاسخ چنین مشخص می‌شود که رابطه پودر سنجد با قند کل کیک شیفون به صورت خطی است که این روند توسط معنی‌دار بودن اثر خطی مدل ($P<$۰/۰۰۱) تایید می‌شود.

نتایج نشان داد که با افزایش مقدار پودر سنجد از حدود ۳۰ به ۴۵ درصد، میزان قند کل افزایش جزئی یافته است. نتایج آنالیز واریانس معنی‌داری اثر متقابل شیره توت – آرد کتان و شیره توت – پودر سنجد را در کیک شیفون نشان داد ($P<$۰/۰۵). بررسی‌ها مشخص نمود به ترتیب اثر متقابل شیره توت–پودر سنجد و شیره توت–آرد کتان با توجه به افزایش شیره توت و کاهش مقادیر آرد کتان و پودر سنجد و به ترتیب رساندن شاخص قند کل به میزان ۱۶/۹ و ۱۸/۲ درصد می‌تواند اثر بخشی شیره توت و پودر سنجد را در کاهش قند کل کیک شیفون را نشان دهد.

رابطه (۶)

$$Total\ sugar = +16.480 - 1.540\ A + 0.125\ B + 0.163\ C + 0.001\ AB + 0.025\ AC - 0.100\ BC + 0.098\ A^2 + 0.123\ B^2 - 0.148\ C^2$$

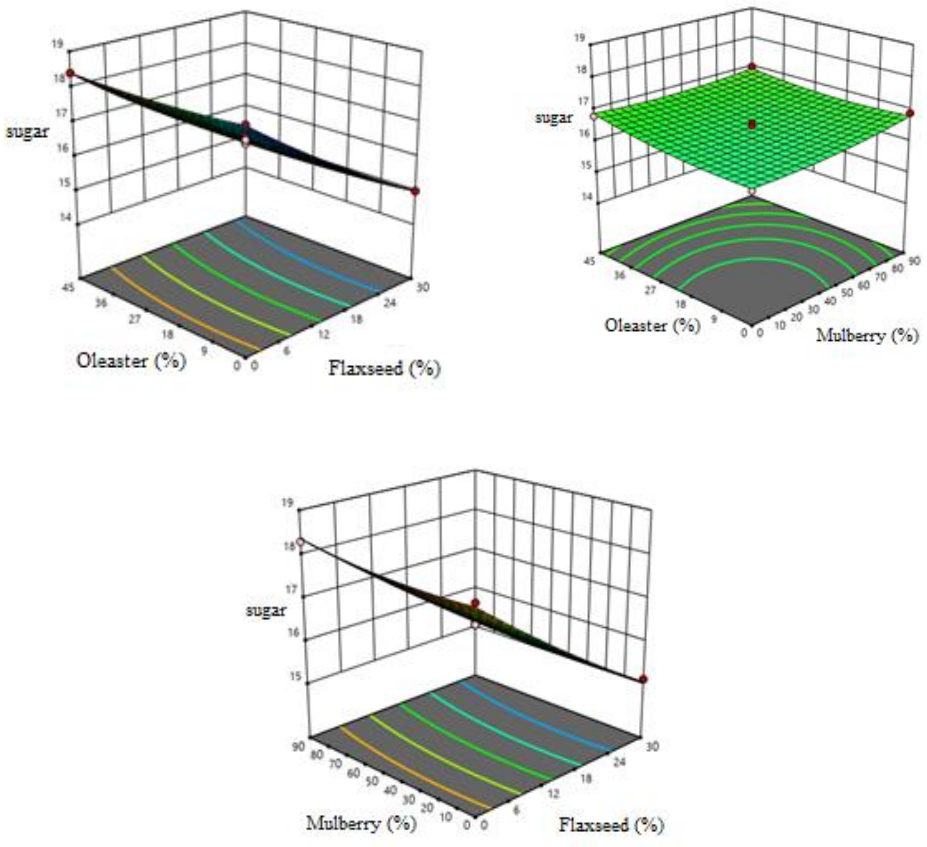

Figure 5- Response surface diagrams for total sugar and determine the effect of independent variables

شکل ۵- نمودارهای سطح پاسخ برای قند کل و مشخص نمودن تاثیرگذاری متغیرهای مستقل

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که رابطه شیره توت با فعالیت آبی به صورت خطی است که این روند توسط معنی‌دار بودن اثر خطی مدل ($P<$۰/۰۰۱) تایید می‌شود. به عبارتی استفاده از شیره توت سبب افزایش میزان فعالیت آبی تیمارها گردید. با افزودن آرد کتان به فرمولاسیون کیک شیفون فقط اثر خطی ($P<$۰/۰۰۱) فعالیت آبی معنی‌دار شد. به طوری که با افزایش مقدار آرد کتان از ۲۰ تا ۳۰ درصد شاخص فعالیت آبی روندی نزولی پیدا کرد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در بین متغیرهای مستقل پودر سنجد بر میزان فعالیت آبی کیک شیفون موثر بود، طوری که اثرات خطی ($P<$۰/۰۰۰۱) و درجه دوم ($P<$۰/۰۵) در مدل معنی‌دار شد. با توجه به نتایج حاصل از اثر متقابل این سه متغیر مستقل مشخص شد که، اثر متقابل شیره توت – آرد کتان تاثیر بیشتری در کاهش شاخص فعالیت آبی داشته اند. با افزایش میزان آرد کتان فعالیت آبی در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت ولی با افزودن شیره توت، تغییری در فعالیت آبی محصول ایجاد نشد و این اثر متقابل توانست مقدار فعالیت آبی را به میزان ۰/۷۴ کاهش دهد که نشان دهنده تاثیر مثبت هر دو متغیر مستقل می‌باشد.

رابطه (۷)

$$\begin{aligned} aw = {} & +0.866 + 0.113\,A + 0.033\,B \\ & + 0.009\,C + 0.011\,AB \\ & + 0.001\,AC - 0.023\,BC \\ & - 0.023\,A^2 - 0.042\,B^2 \\ & + 0.010\,C^2 \end{aligned}$$

تاثیر متغیرهای مستقل شیره توت، آرد کتان و پودر سنجد بر خصوصیات حسی کیک شیفون به صورت شکل‌های سطح پاسخ در شکل (۷) نمایش داده شده است و مشخص شد که هر سه متغیر بر روی صفات طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی معنی‌دار بوده است.

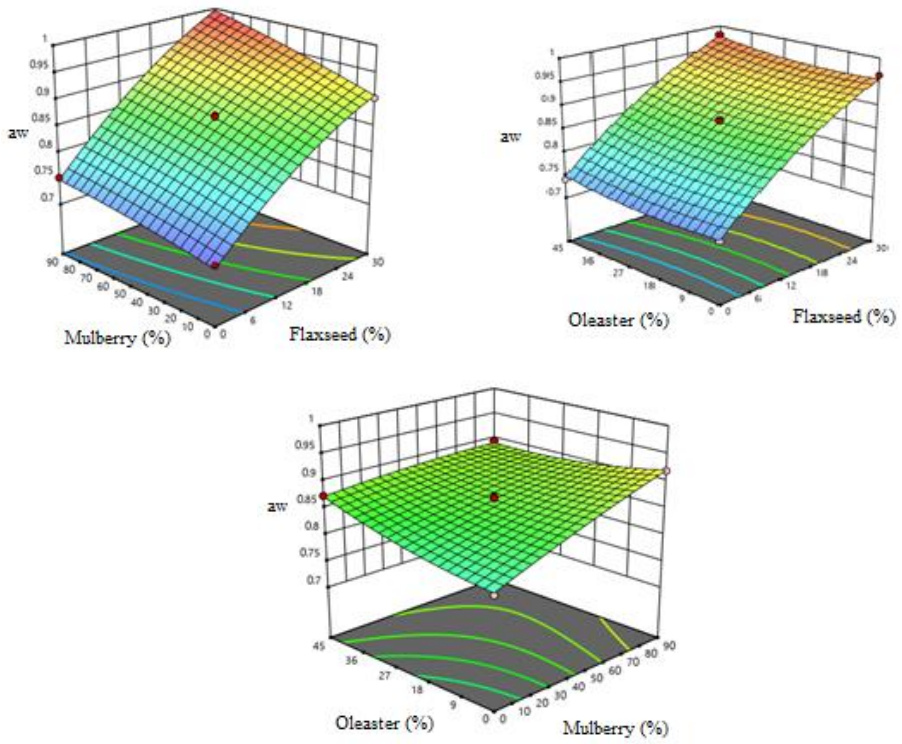

Figure 6- Response surface diagrams for a_w and determine the effect of independent variables

شکل ٦- نمودارهای سطح پاسخ برای a_w و مشخص نمودن تاثیرگذاری متغیرهای مستقل

بررسی داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها نشان داد که شیره توت بر ویژگی‌های حسی طعم و پذیرش کلی به صورت اثر خطی ($P<۰/۰۰۰۱$) و بر رنگ و بافت به حالت اثر توان دوم ($P<۰/۰۵$) معنی‌دار شد. افزودن آرد کتان به فرمولاسیون کیک شیفون تاثیر مشخصی بر ویژگی طعم داشت، که معنی‌دار بودن اثرات خطی ($P<۰/۰۰۰۱$) و توان دوم ($P<۰/۰۵$) آن موید این مطلب می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که افزودن آرد کتان علاوه بر طعم بر ویژگی بافت نیز تاثیرگذار بوده که معنی‌دار بودن اثر توان دوم ($P<۰/۰۱$) این حالت را می‌تواند تایید نماید. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در بین متغیرهای مستقل فقط پودر سنجد بر میزان شاخص‌های حسی طعم و بافت به صورت همزمان موثر بود، به طوری که اثرات خطی ($P<۰/۰۰۰۱$) و درجه دوم ($P<۰/۰۵$) معنی‌دار شدند. پودر سنجد علاوه بر طعم و بافت، بر پذیرش کلی نیز موثر بود که تنها اثر معنی‌دار برای پودر سنجد بر این ویژگی حسی، اثر خطی ($P<۰/۰۰۱$) آن می‌باشد.

نتایج آنالیز واریانس اثر متقابل سه متغیر شیره توت، آرد کتان و پودر سنجد مشخص نمود که، اثر متقابل پودر سنجد–شیره توت می‌تواند بیشترین تاثیر را بر ویژگی‌های حسی بخصوص طعم و پذیرش کلی داشته باشد. بررسی‌ها نشان داد با افزایش میزان دو متغیر پودر سنجد و شیره توت پارامترهای طعم و پذیرش کلی در ابتدا روندی کاهشی و سپس افزایشی یافتند که با افزایش پودر سنجد (۱۵–۴۵ درصد) و شیره توت (۳۰–۹۰ درصد) پارامتر پذیرش کلی به صورت سهمی روندی افزایشی را داشته و مقدار بهینه آن ۳/۸۵ تخمین زده شد.

جدول (۴) تاثیر همزمان سه متغیر تاثیر همزمان سه متغیر شیره توت، آرد کتان و پودر سنجد را بر میزان جمعیت قارچ‌ها را در نمونه‌های کیک تولیدی شاهد و بهینه با گذشت زمان نشان می‌دهد. همان‌طور که جدول مشخص شده است استفاده از متغیرهای نامبرده تعداد کپک و مخمر را در حد استاندارد ملی کشور (به شماره ۲۳۹۵) یعنی کمتر از 10^2 cfu/g در ۱۰ روز اول پس از نگهداری، نگه داشته است که خود بیان کننده تاثیر مناسب حد بهینه شیره توت، آرد کتان و پودر سنجد در فرمولاسیون و افزایش ماندگاری کیک شیفون است.

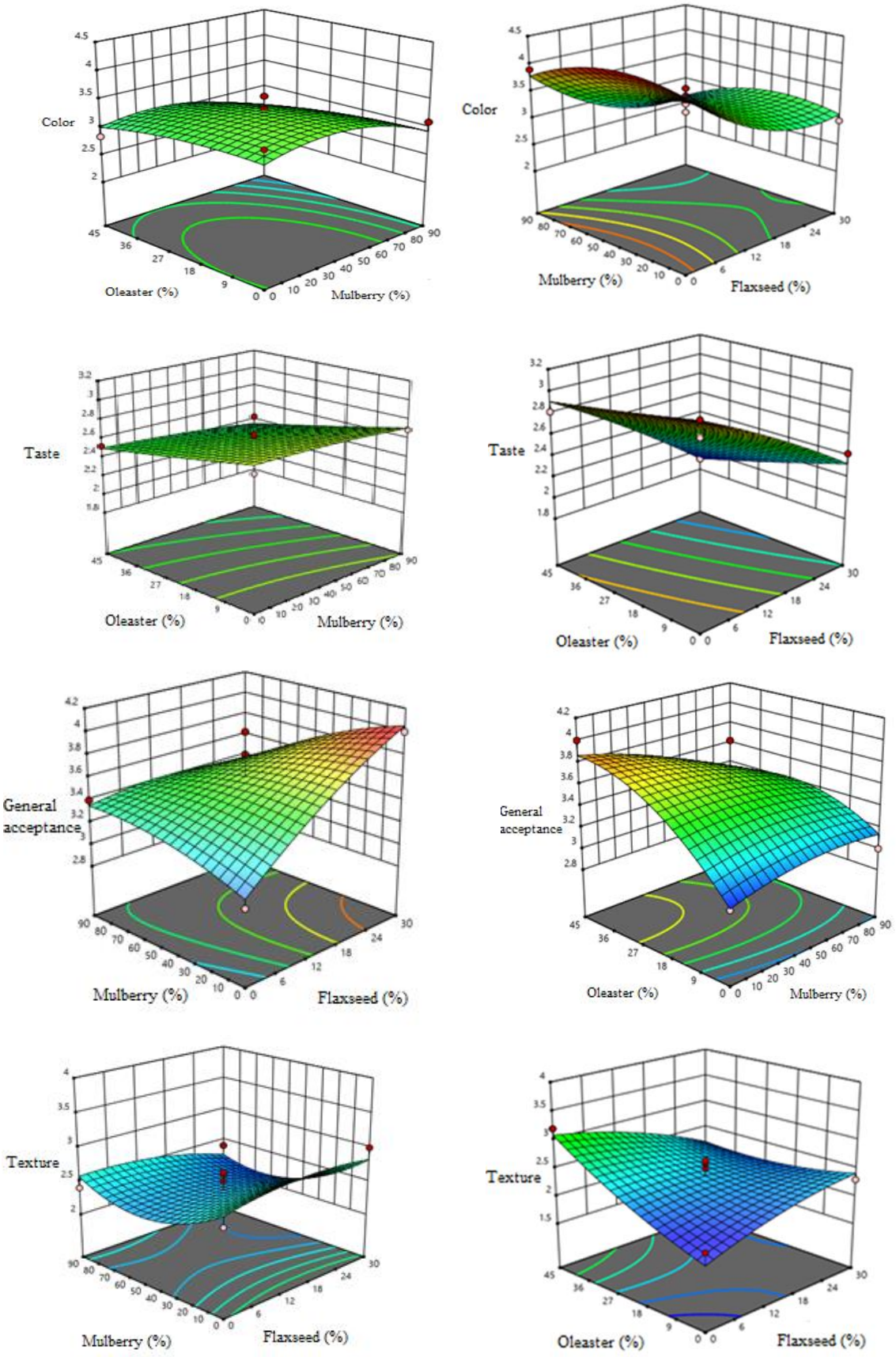

Figure 7- Response surface diagrams for sensory properties and determine the effect of independent variables

شکل ۷- نمودارهای سطح پاسخ برای ویژگی‌های حسی و مشخص نمودن تاثیرگذاری متغیرهای مستقل

جدول ٤- مقادیر بدست آمده برای اندازه‌گیری میزان کپک و مخمر برحسب cfu/g نمونه بهینه کیک تولیدی

Table 4- The values obtained to measure the amount of mold and yeast in terms of cfu/g of the optimal cake sample

	Day	First	Tenth	Twentieth
Control sample	Mold	$<10^{-2}$	<10	3×10^{2}
	Yeast	$<10^{-2}$	<10	3×10^{2}
Optimal sample	Mold	$<10^{-2}$	$<10^{2}$	5×10^{2}
	Yeast	$<10^{-2}$	$<10^{2}$	5×10^{2}

شرایط عملیاتی بهینه‌یابی برای فرمولاسیون کیک شیفون با استفاده از آرد کتان، شیره توت و پودر سنجد با درصدهای وزنی مشخص برروی پارامترهای فیزیکوشیمیایی (pH، چربی، اسیدیته چربی، پراکسید، قند کل و فعالیت آبی) و حسی (طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی) با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی عددی نرم‌افزار (Design Expert) جستجو شد. به منظور بهینه‌یابی، ابتدا اهداف و سپس سطوح پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل تنظیم گردید. در ادامه مقادیر کمینه و بیشینه خصوصیات کیفی برابر با حداقل و حداکثر داده‌های حاصل از آنالیز خصوصیات ذکر شده و مقادیر هدف برابر با داده‌های مربوط به بهترین نمونه از نظر پذیرش کلی که بررسی خصوصیات حسی تعیین گردید، در نظر گرفته شد. در نهایت متغیرهای مستقل در شرایط بهینه فرمولاسیون کیک شیفون برای آرد کتان، شیره توت و پودر سنجد به ترتیب ۱۱/۲۵، ۴۸/۳۵ و ۲۳/۷۵ درصد به دست آمد. جدول (۵) نشان دهنده میزان مورد نیاز از دو متغیر مستقل مورد بررسی برای تولید کیک بهینه و مقدار پاسخ هر یک از متغیرهای وابسته که با استفاده از این سه ماده در نمونه بهینه حاصل خواهد شد را نشان می‌دهد.

بحث

شیره توت از تاثیر بیشتری بر کاهش میزان pH کیک‌های تولیدی برخوردار بود. شیره توت حاوی اسیدهای آلی مختلف می‌باشد که مقدار این ترکیبات در ارقام مختلف می‌تواند متفاوت باشد، با این حال این ترکیبات می‌توانند بر روی کاهش pH میزان کیک‌های شیفون موثر باشند (Basiri & Gheybi, 2019). افزایش سطوح آرد کتان باعث کاهش شاخص pH می‌گردد که این حالت با نتایج Ayoubi (۲۰۱۸) مطابقت دارد. روند کاهشی pH کیک تولیدی با افزایش درصد پودر سنجد در فرمولاسیون در نتایج تحقیق Zaree و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش شده است. افزایش درصد پودر سنجد و به دنبال آن کاهش pH را به این صورت توجیه نمود که علت این کاهش را می‌توان به کاهش تحرک یون‌های هیدروژن و همچنین کمتر بودن میزان پروتئین آرد سنجد نسبت به آرد گندم نسبت داد که مقادیر پروتئین موجود در آرد گندم و پودر سنجد به ترتیب برابر ۱۰/۵۰ و ۷/۵۳ درصد بدست آمدند. با استفاده از شیره توت کاهش pH رخ خواهد داد که به علت تولید اسید در محصول می‌گردد، علت این امر را این طور می‌توان توجیه کرد که قند موجود در شیره توت از نوع مونوساکارید (گلوکز و فروکتوز) است که در اثر افزایش زمان تغلیظ و عمل تخمیر قندها تبدیل به اسیدهای آلی شده که می‌توانند pH شیره توت را اسیدی کرده و در صورت استفاده در فرمولاسیون و با افزایش درصد مقدار مصرفی می‌تواند کاهش pH در کیک را به دنبال داشته باشد (Ahmadi *et al*., 2011).

جدول ٥- خواص بهینه‌شده فرمولاسیون نمونه کیک شیفون

Table 5- Optimized properties of chiffon cake sample formulations

Independent variable	Minimum	Maximum	Optimal value	Response	Quantity
Mulberry juice (%)	30	90	48.35	pH	6.537
Flaxseed flour (%)	10	30	11.25	Fat (%)	6.398
Oleaster powder (%)	15	45	23.75	Fatty acidity (Per 100 grams of fat)	0.163
				Peroxide (meq/kg)	0.556
				Total sugar (%)	16.083
				aw	0.740
				General acceptance	3.850

در پژوهشی که توسط Tajally Tehrani و همکاران (۲۰۲۱) بر خصوصیات کیفی کیک روغنی صورت گرفت مشخص گردید تیمارهایی که دارای ۰/۴۱۶ گرم شیرین کننده سوکرالوز و ۱۰ تا ۱۵ گرم صمغ گیاه چرخک هستند می‌توانند در تولید کیک‌هایی با میزان چربی کمتر به کار روند. مطالعات متعدد نشان دهنده پایداری اجزای مغذی ارزشمند کتان نظیر اسیدهای چرب اشباع (اسید استئاریک و اسید پالمیتیک)، اسید اولئیک و آلفالینولنیک اسید در طی فراوری و نگهداری محصولات پخت مدل و تجاری نظیر انواع نان شیرینی، نان، کلوچه و مافین بوده است (Xu *et al*., 2014). Sahan و همکاران (۲۰۱۳) پودر سنجد در سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد را جایگزین آرد گندم در فرمول کلوچه کرده و بیان نمودند کلوچه غنی شده حاوی فیبر بیشتر، چربی و کالری کمتر است. سنجد به علت دارا بودن مقدار فراوان تانن‌ها و فلاوونوئیدها دارای اثرات کاهش دهندگی کلسترول و چربی در مواد غذایی است (Erdemoglu *et al*., 2008). همچنین محققین دریافتند که میوه سنجد دارای اسیدهای چرب پالمیتولئیک، لینولئیک، اولئیک و لینولنیک است. هسته آن دارای اسید چرب لینولئیک، فسفولیپید، گلیکولیپید و بتاسیتوسترول است. با توجه به مصرف فراوان محصولات نانوائی غنی‌سازی این محصولات با آرد سنجد می‌تواند به طور شگرفی و صرفاً با افزایش هزینه ناچیز کیفیت و خواص آنها را افزایش داد (Goncharova & Glushekova, 1990). دانه کتان به علت داشتن اسیدهای چرب ضروری امگا–۳ ، فیبر و لیگنان می‌تواند به عنوان یکی از منابع بالقوه فراسودمند به منظور کاهش مصرف تخم‌مرغ و میزان کلسترول و با حفظ کارایی مشابه به کار رود (Lim *et al*., 2010). فیبر دانه کتان به دو صورت محلول و غیرمحلول بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای امولسیفایر لیستین تخم‌مرغ باشد. فیبرهای محلول موجب کاهش کلسترول خون شده، قند خون را تنظیم کرده و موجب کاهش وزن بدن می‌شود. فیبر غیرمحلول از یبوست جلوگیری کرده و خطر سرطان کولون را کاهش می‌دهد. فیبر محلول در دانه کتان موسیلاژ نام دارد که ۳ تا ۹ ٪ کل دانه را تشکیل میدهد، از این رو این ترکیب به عنوان یک ماده فراسودمند شناخته شده است (Ganorkar & Jain, 2013).

اندیس اسیدی نشان دهنده میزان اسیدهای چرب آزاد برحسب اولئیک اسید است (AACC, 2000). استفاده از تخم‌مرغ و به خصوص زرده آن به دلیل داشتن اسیدهای چرب آزاد و لسیتین می‌تواند یکی از عوامل اصلی اسیدیته بالا در محصولی مانند کیک باشد. عامل اصلی در اسیدیته چربی کیک، چربی موجود در تخم‌مرغ و مقدار اسیدیته آن است. بالا بودن درصد اسیدهای چرب آزاد، لستین و سایر فسفولیپیدها در چربی زرده تخم مرغ می‌تواند عاملی در بالا بودن اسیدیته چربی تخم‌مرغ باشند. باید توجه داشت ترکیبات فسفولیپیدی و اسیدهای چرب به راحتی می‌توانند در معرض واکنش‌های تخریبی اکسیداسیون قرار گرفته و در صورت اسیدیته چربی بالا در محصولات چرب و حاوی تخم‌مرغ احتمال بروز خصوصیات کیفی نامطلوب مانند طعم و بو تند وجود دارد. با توجه به این که دانه کتان غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع مانند آلفالینولنیک اسید است و می‌تواند یکی از مواد اولیه برای انجام فساد اکسیداسیونی باشد ولی نتایج نشان می‌دهد که باز هم می‌تواند جایگزین مناسبی برای تخم‌مرغ در کیک تولیدی باشد. همان طور که Chen و همکاران (۱۹۹۴) کاهش میزان آلفالینولنیک اسید را بعد از ۱/۵ ساعت حرارت دادن در دمای ۱۷۸ سانتی‌گراد، گزارش دادند. این محققان همچنین یادآور شدند که با کاهش مقدار دانه‌ها، مصرف اکسیژن افزایش می‌یابد ولی تخریب این اسید چرب غیراشباع قابل توجه نمی‌باشد. حتی آن‌ها مساله پایداری در دانه کتان را به لیگنان‌ها نسبت دادند. نتایج مشخص کرد تاثیرگذاری کتان در کنترل اسیدیته چربی بالا موثر بوده که می‌توان به میزان بالای لیگنان (۳۰۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) در دانه کتان دانست که نسبت به دیگر منابع گیاهی خوراکی بالاترین مقدار را دارد. لیگنان یکی از ترکیبات عمده خانواده فیتواستروژن‌ها بوده و ساختاری پلی‌فنولی نسبتا ساده‌ای داشته که از فنیل‌آلانین مشتق می‌گردد. لیگنان همچنین دارای قدرت ضداکسندگی بوده و از پیش‌اکسایش چربی‌ها و تولید ترکیبات مضری چون رادیکال‌ها و اسیدهای چرب آزاد جلوگیری می‌کند (Al-Jumaily *et al*., 2012).

اندیس پراکسید به صورت میلی‌اکی‌والان پراکسید در ۱۰۰۰ گرم نمونه که یدیدپتاسیم را تحت شرایط آزمون اکسید می‌کند بیان می‌شود (AACC, 2000). سنجد دارای هفت نوع اسید فنولیک می‌باشد. در این میان

هیدروکسی‌بنزوئیک اسید در گروه بنزوئیک و کافئیک اسید در گروه سینامیک فراوان‌ترین ترکیبات فنلی بوده و اسید فرولیک کم مقدارترین ترکیب فنلی می‌باشد. بنابراین، علت کاهش میزان عدد پراکسید را می‌توان به بالابودن میزان ترکیبات پلی‌فنلی آرد سنجد نسبت داد. ترکیبات پلی‌فنلی به دلیل داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدان و دادن اتم هیدروژن به رادیکال‌های آزاد تولید شده در حین فرایند از پیشرفت اکسیداسیون جلوگیری می‌نمایند (Saboonchian *et al*., 2014). پراکسید محصول اولیه اکسیداسیون مواد چرب است و به طور کلی هر قدر که درجه غیراشباعیت روغن‌ها بیشتر باشد روغن‌ها و چربی‌ها آمادگی بیشتری برای اکسیداسیون دارا می‌باشند. وقتی که میزان پراکسید به حد معینی برسد، تغییرات مختلفی در روغن‌ها و چربی‌ها صورت گرفته و مواد فرار آلدهیدی و ستونی و همچنین اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه (محصولات دومین و سومین) که در ایجاد بو و طعم نامطلوب مواد چرب موثرند، ایجاد می‌گردند. محققین مختلفی وجود مواد آنتی‌اکسیدانی در کتان را به منظور جلوگیری از اکسیدسیون اسیدهای چرب تعیین کردند که می‌توان به نتایج Waszkowiak و Gliszczyn´ska-S´wigło (۲۰۱۶)، Touré و Xueming (۲۰۱۰)، Karboune و همکاران (۲۰۰۸) Imran و همکاران (۲۰۱۴) اشاره نمود که به ترتیب میزان کل ترکیبات فنلی، تعیین لیگنان‌ها، اسیدهای فنلی و تانن‌ها را مشخص نمودند.

شیره توت از نظر قندهای احیاکننده اثر مطلوبی بر کیک تولیدی داشت. همواره تلاش تولیدکنندگان این محصول سنتی بر این است که میزان قند احیا را در محصول افزایش و قند کل که به نوعی ارتباط مستقیم با میزان شکر دارد را کاهش دهند. از آنجا که شیره ، عصاره، شهد و قند مایع حاصل از انواع میوه ها، حاوی مقدار زیادی قند، اسیدهای آلی و موادمعدنی هستند، می‌توانند به عنوان یک فراورده مغذی اهمیت داشته باشند. بیشتر کربوهیدرات‌های موجود در محصولات ذکر شده به شکل تک قندی (منوساکارید) گلوکز و فروکتوز است که به راحتی می‌توانند جذب بدن شوند. گلوکز مهم‌ترین قند آزاد در گردش خون جانوران بوده و به عنوان فراوان‌ترین ترکیب شیمیایی نیز شناخته می‌شود. فروکتوز مونوساکاریدی احیاکننده می‌باشد که به خوبی در واکنش میلارد شرکت می‌کند و با ایجاد رنگ قهوه‌ای مناسب در سطح محصولات کاربرد زیادی در صنایع فرآوری غذایی دارد. شیرینی آن ۱/۷ برابر شکر است. این قند بدون نیاز به انسولین متابولیزه شده و شیرین‌ترین قند ساده به حساب می‌آید (Jürgens *et al*., 2005; Qi & Tester, 2019). ماده آلفالینولنیک اسید (ALA) موجود در تخم کتان به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای خود فرد را در برابر، دیابت محافظت می‌کند (Manni *et al*., 2005). در پژوهشی که توسط Fazilati و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد، ۳۰ نفر بیمار مبتلا به دیابت نوع ۲ که رژیم غذایی آن‌ها زیر نظر پزشک تغذیه انجام گرفت انتخاب شده و به مدت ۱۴ روز در رژیم غذایی آن‌ها از نان‌های کتان استفاده شد و قند خون این افراد قبل و بعد از مصرف نان‌های تهیه شده از آرد کتان مورد آزمون قرار گرفت که نتایج به دست آمده فرض قند خون قبل و بعد از تغذیه کتان تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان داد. مصرف نان کتان منجر به کاهش قند خون بیماران گردید و در مقادیر بالاتر قند خون این کاهش بیشتر مشاهده شد. به نظر می‌رسد فیتواستروژن‌های موجود در کتان نقش موثری را در درمان بیماری دیابت و چاقی ایفا می‌کنند. در بررسی انجام شده توسط Ayoubi (۲۰۱۸) مقدار قند کل پودر کامل سنجد حدود ۴۸/۵ درصد تخمین زده شد. علاوه بر این که در پژوهشی دیگر در سنجد ترکیبات قندی مانند گلوکز، مانوز، گالاکتوز، فروکتوز و رامنوز مشاهده شد که البته قندهای غالب فروکتوز و گلوکز (مجموعا ۴۹/۴ درصد) بوده که می‌تواند دلیلی بر افزایش شاخص قند کل باشد (Ahmet ayaz & Bertoft, 2001). Ashoori و همکاران (۲۰۲۰) و Kouhanestani و همکاران (۲۰۱۹) با پژوهش‌هایی که به ترتیب بر روی مافین و کیک اسفنجی انجام دادند، کاهش چشمگیری را در میزان قند کل در طی جایگزینی شکر مشاهده کردند که از این رو با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

فعالیت آبی یکی از مهمترین شاخص‌های دوام و استقامت مواد غذائی در مقابل فساد و کپک‌زدگی می‌باشد و با کنترل آن علاوه بر افزایش زمان ماندگاری، کیفیت محصول از نقطه نظر خواص حسی به میزان زیادی بالا خواهد رفت (Mathlouthi, 2001). افزایش جزئی فعالیت آبی در کیک‌های شیفون حاوی شیره توت به دلیل خاصیت

هیدروفیلی بیشتر گروه‌های عاملی قندهای آن موجود در آن است که مانع خروج زیاد آب در حین پخت می‌گردد. به عبارت دیگر قندها طی فرآیند پخت به دلیل جذب و باند کردن آب به خود مانع از تبخیر و خروج بخار آب از نمونه‌های کیک شده و در نهایت باعث افزایش فعالیت آبی محصول خواهند شد. Jalini و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر افزودن بذر کتان بر خواص تغذیه‌ای و ماندگاری نان بربری را مطالعه نمودند. در این تحقیق سطوح ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد بذر کتان با بخشی از آرد گندم موجود در نان جایگزین شد. نتایج این تحقیق نشان داد وجود گروه‌های آبدوست و پروتئین‌های موجود در بذر کتان سبب افزایش فعالیت آبی نمونه‌های تولیدی شد. اما این حالت تا سطح ۹ درصد از بذر کتان مشاهده شد. در حالی که در نمونه‌های حاوی ۱۲ و ۱۵ درصد بذر کتان کاهش فعالیت آبی نان مشاهده شد. این پژوهشگران علت این امر به افزایش اتصال آب به هیدروکلوئیدهای موجود در دانه کتان نسبت دادند. وجود ترکیبات جاذب الرطوبه در پودر سنجد مانند مقادیر زیاد فیبر و ترکیبات قندی سبب تشکیل شبکه ژلی و محصور شدن آب در آن و بالطبع کاهش تماس با مولکول‌های قطبی آب خواهد شد و در نهایت جذب بیشتر و قدرت نگهداری آب اتفاق می‌افتد. در این حالت رطوبت (آب آزاد) ماده غذایی تولیدی افزایش و فعالیت آبی آن کاهش می‌یابد (Chinachoti, 1995). گاهی افزایش فعالیت آبی امری مثبت و گاهی منفی تلقی می‌شود. افزایش فعالیت آبی خود می‌تواند عاملی بر افزایش کپک‌زدگی محصولات نانوایی به ویژه انواع کیک و شیرینی که حاوی مواد مغذی بیشتری برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها هستند، باشد. بنابراین اگر هدف افزایش ماندگاری محصول باشد، به لحاظ خصوصیات میکروبی باید از سطوح کنترل شده متغیرهای مستقل مورد نظر استفاده نمود.

Shahidi و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که با جایگزینی ۴۰ درصد شیره انگور به کیک بهترین بافت و طعم کیک ایجاد می‌شود. در بررسی Ayoubi (۲۰۱۸) بر روی کیک فنجانی مشخص شد که استفاده از آرد کتان تنها در سطح ۲۰ درصد سبب کاهش معنی‌دار امتیاز طعم کیک نسبت به نمونه شاهد شد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد. همچنین Ayoubi (۲۰۱۸) در پژوهشی دیگری به بررسی جایگزینی پودر سنجد با آرد گندم در کیک فنجانی پرداخت و در ارزیابی صفات حسی کیک، بیان کرد تاثیر پودر سنجد بر رنگ، طعم و بافت کیک در سطوح بالای جایگزینی می‌تواند کاهش پذیرش کلی را به دنبال داشته باشد که با نتایج فعلی همخوانی دارد. شیره توت و سنجد علاوه بر دارا بودن قندهای احیاکننده می‌توانند حاوی ترکیباتی مانند فلاونوئیدها، آنتوسیانین و آمینواسیدهای مختلف نیز باشند که در حین پخت کیک در اثر واکنش میلارد، تولید آلدهید کرده که در اثر واکنش استریکر می‌تواند در ایجاد عطر و طعم مطلوب نقش داشته باشند (Akus & Nas, 1996; Ahmet ayaz & Bertoft, 2001).

تحقیقات بسیاری خاصیت ضد قارچی ترکیبات فنولی را اثبات کرده‌اند، بنابراین کاهش میزان رشد کپک و مخمر با افزایش میزان فیبر موجود در فرمولاسیون می‌تواند به دلیل ترکیبات فنولی موجود در فیبر سنجد باشد که با افزایش محتوای فیبر فرمولاسیون و در نتیجه افزایش میزان ترکیبات فنولیک از رشد کپک و مخمر جلوگیری شده است (Sahan *et al.*, 2019). همچنین در مطالعه Qureshi و همکاران (۲۰۱۷) مشخص شد که با افزایش مقدار فیبر در فرمولاسیون کیک شمارش کلی از ۱/۸۷ cfu/g در نمونه شاهد به ۲/۰۲ cfu/g در نمونه حاوی ۸ گرم پودر لایه آلبیدو گریپ فروت رسید. همچنین در روز اول تولید کپک و مخمری در نمونه‌های کیک مشاهده نشده اما در روز ۳۰ نگهداری این تعداد به حدود ۲ cfu/g رسید. Abd El-Wahab (۲۰۱۶) از آرد سیب‌زمینی شیرین با نسبت ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد آرد گندم برای تهیه کیک استفاده کردند و ویژگی‌های میکروبی کیک تولیدی را طی ۳۰ روز مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که با افزایش درصد آرد سیب‌زمینی شیرین تعداد شمارش کپک افزایش یافت و همچنین با گذشت زمان نیز افزایش تعداد کپک مشاهده شد. این محقق بیان داشت که رشد کپک یکی از عوامل محدودکننده زمان نگهداری محصولات پختی به شمار می‌رود و بین ۱ تا ۵ درصد از میزان ضایعات کیک و سایر محصولات پختی مربوط به رشد کپک در این محصولات می‌باشد.

نتیجه‌گیری

امروزه صنایع غذایی با چالش‌هایی نظیر تولید و فراهم کردن غذاهای سلامتی بخش روبروست. یکی از روش‌های فراهم‌سازی چنین غذاهایی، کاهش و یا حذف ترکیبات پرکالری و مخاطره آمیزی مانند چربی و شکر از فرمولاسیون مواد غذایی پر مصرف نظیر انواع کیک‌ها می‌باشد. در این مطالعه به بررسی تاثیر جایگزینی آرد گندم با پودر سنجد، جایگزینی شکر با شیره توت و جایگزینی تخم‌مرغ با آرد کتان پرداخته شد. نتایج بررسی اثر متقابل سه متغیر مستقل نشان داد که در شاخص pH اثرات متقابل پودر سنجد–آرد کتان و پودر سنجد–شیره توت که با افزایش مقدار پودر سنجد و کاهش دو متغیر مستقل دیگر، بیشتر بود. برای تعیین چربی و فسادهای اکسیداتیو، بیشترین اثرات مربوط به پودر سنجد–آرد کتان که به استثناء شاخص پراکسید که روند نزولی میزان پودر سنجد تاثیر مثبت داشت، با افزایش تدریجی مقادیر پودر سنجد و آرد کتان اثربخشی مناسبی در کاهش و کنترل پارامترهای چربی، اسیدیته و پراکسید چربی داشته باشند. اثرات متقابل شیره توت – آرد کتان و شیره توت – پودر سنجد که با افزایش مناسب شیره توت و کاهش دو متغیر مستقل دیگر توانست میزان قند کل را کاهش دهد. به دلیل خاصیت هیدروفیلی گروه‌های قندی در شیره توت و پروتئین‌ها در کتان، اثر متقابل این دو متغیر توانست فعالیت آبی مناسبی را برای محصول تولیدی کیک به همراه داشته باشد. در بررسی خصوصیات حسی بیشترین اثر متقابل مربوط به شیره توت – پودر سنجد بود که بر روی شاخص‌های طعم و پذیرش کلی روندی صعودی را نشان داد.

منابع

AACC. (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, (10th ed.). Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Abd El-Wahab, G.I. (2016). Utilization of sweet potato flour as natural antioxidant to keeping quality of butter cake during storage. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 6(4), 1066-1075.

Ahmadi, H., Azizi, M.H., Jahanian, L. & Amir Kaveei, SH. (2011). Evaluation of replacemet of date liquid sugar as a replacement for invert syrup in a layer cake. *Journal of Food Science and Technology*, 8(28), 57-64 [In Persian].

Ahmet Ayaz, F. & Bertoft, E. (2001). Sugar and phenolic acid composition of stored commercial oleaster fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14(5), 505-511.

Aksu, M.I. & Nas S. (1996). Mulberry pekmez manufacturing technique and physical and chemical properties. *Gida*, 21(2), 83-88.

Al-Jumaily, E.F., Al-Shimary, A.O.A. & Shubbr, E.K. (2012). Extraction and purification of lignan compound from flax seed Linum usitatissimum. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2(3), 306-312.

Amirabadi, S., Koocheki, A. & Mohebbi, M. (2015). Effect of Xanthan and Lepidium perfoliatum seed gums on quality and shelf-life of Chiffon cake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(4), 375-386 [In Persian].

Anon. (2006). Cake-Specification and test methods. Iran National Standards Organization. ISIRI Standard No. 2553 [In Persian].

Anon. (2019). Microbiology of pastry and confectionery products- specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization. INSO Standard No. 2395, 2nd Revision [In Persian].

Ashoori, M.H., Movahed, S. & Eyvazzadeh, O. (2020). Effect of Date sap and glucose syrup as replacement of sucrose on qualitative properties of muffin cake. *Journal of Food Science and Technology*, 16(97), 51-61 [In Persian].

Ayoubi, A. (2018). Effect of flaxseed flour incorporation on physicochemical and sensorial attributes of cupcake. *Journal of Food Science and Technology*, 15(79), 217-228 [In Persian].

Ayoubi, A. (2018). The effect of wheat flour replacement with eleaagnus angustifolia powder on quality characteristics of cupcake. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 13(2), 79-88 [In Persian].

Basiri, Sh. & Gheybi, F. (2019). Production of natural sweetener of mulberry extract by assessing the sensory and physicochemical properties. *Journal of Food Science and Technology*, 16(89), 333-340 [In Persian].

Bennion, E.B. & Bamford, G.S. (1997). The technology of cake making. London, UK: Blackie Academic and Professional.

Chen, Z.Y., Ratnayake, W.M.N. & Cunnane, S.C. (1994). Oxidative stability of flaxseed lipids during baking. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71(6), 629-632.

Chinachoti, P. (1995). Carbohydrates: functionality in foods. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61(4), 922-929.

Elhami rad, A.H. (2002). Fruits, Nutrition, Products and Quality Management, Publishing of Jahankadeh, At the request of the Research Deputy of Islamic Azad University- Sabzevar Branch [In Persian].

Erdemoglu, N., Akkol, E.K., Yesilada, E. & CalIs, I. (2008). Bioassay-guided isolation of anti-inflammatory and antinociceptive principles from a folk remedy, Rhododendron ponticum L. leaves. *Journal Ethnopharmacol*, 119(1), 172-178.

Fazilati, M., Aarabi, A. & Tadayon Charsoghi, A. (2014). Investigation the effect of flaxseed bread on reduction of blood glucose in diabetic patients. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 11(3), 91-96 [In Persian].

Freeman, T.P. (1995). Structure of flaxseed In: Flaxseed in Human Nutrition, edithed by Cunnane, Sc., & Thompson, L.U., Champaing & AOCS Press, pp. 11-21.

Ganorkar, P.M. & Jain, R.K. (2013). Flaxseed–a nutritional punch. *International Food Rescearch Journal*, 20(2), 519-525

Goncharova, N.P. & Glushekova, A.I. (1990). Lipids of elaeagnus fruits. *Chemistry of Natural Compo*unds, 26(1), 12-15.

Imran, M., Anjum, F.M., Butt, M.S. & Sheikh, M.A. (2014). Influence of extrusion processing on tannin reduction and oil loss in flaxseed (linum usitatissimum l.) meal. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 622-629.

Jalini, M., Ghiafeh Davoodi, M. & Sheikholeslami, Z. (2017). The effect of increasing flaxseed on the nutritional properties and shelf life of Barbary bread. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 9(3), 1-11 [In Persian].

Jürgens, H., Haass, W., Castañeda, T.R., Schürmann, A., Koebnick, C., Dombrowski, F., Otto, B., Nawrocki, A.R., Scherer, P.E., Spranger, J., Ristow, M., Joost, H.G., Havel, P.J. & Tschöp, M.H. (2005). Consuming fructose-sweetened beverages increases body adiposity in mice. *Obesity research*, 13(7), 1146-1156.

Karboune, S., St-Louis, R. & Kermasha, S. (2008). Enzymatic synthesis of structured phenolic lipids by acidolysis of flaxseed oil with selected phenolic acids. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 52-53, 96-105.

Klich, M.G. (2000). Leaf variations in Elaeagnus angustifolia related to environmental heterogeneity. *Environmental and Experimental Botany*, 44(3), 171-183.

Kouhanestani, S.B., Abbasi, H. & Zamindar, N. (2019). The effects of oleaster flour, active gluten and sucrose replacement with potassium acesulfame and isomalt on the qualitative properties of functional sponge cakes. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, e2018142

Lim, C.W., Norziah, M.H. & Lu, H.F.S. (2010). Effect of flaxseed oil towards physic-chemical and sensory characteristic of reduced fatice creams and its stability in ice cream upon storage. *International Food Research Journal*, 17, 393-403.

Manni, L., Cajander, S., Lundeberg, T., Naylor, A.S., Aloe, L., Holmäng, A., Jonsdottir, I.H. & Stener-Victorin, E. (2005). Effect of exercise on ovarian morphology and expression of nerve growth factor and α_1- and β_2-adrenergic receptors in rats with steroid-induced polycystic ovaries. *Journal of Neuroendocrinology*, 17(12), 846-858.

Mathlouthi, M. (2001). Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control*, 12(7), 409-417.

Miranda, J.M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J.A., Lamas, A., Franco, C.M. & Cepeda, A. (2015). Egg and egg-derived foods: effects on human health and use as functional foods. *Nutrients*, 7(1), 706-729.

Moraes, E., Dentas, M.I.S., Morais, D.C., Silva, C.O., Castro, F.A.F, Martino, H.S.D. & Ribeiro, S.M.R. (2010). Sensory evaluation and nutritional value of cakes prepared with whole flaxseed flour. *Food Science and Technology*, 30(4), 947-979.

Namakin, K., Moasheri, N. & Khosravi, S. (2012). Studying Birjand Girls' secondary school students' nutritional pattern. *Modern Care Journal*, 9(3), 264-272 [In Persian].

Qi, X. & Tester, R.F. (2019). Fructose, galactose and glucose – In health and disease. *Clinical Nutrition ESPEN*, 33, 18-28.

Qureshi, A., Ainee, A., Nadeem, M., Munir, M., Qureshi, T.M. & Jabbar, S. (2017).

Effect of grape fruit albedo powder on the physicochemical and sensory attributes of fruit cake. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 30(2), 185-193.

Saboonchian, F., Jamei, R. & Hosseini Sarghein, S. (2014). Phenolic and flavonoid content of Elaeagnus angustifolia L. (leaf and flower). *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 4(4), 231-238.

Sahan, Y., Aydin, E., Dundar, A.I., Altiner, D.D., Celik, G. & Gocmen, D. (2019). Effects of oleaster flour supplementation in total phenolic contents, antioxidant capacities and their bioaccessibilities of cookies. *Food Science and Biotechnology*, 28, 1401-1408.

Sahan, Y., Dundar, A.N., Aydin, E., Kilci, A., Dulger, D., Kaplan, F.B., Gocmen, D. & Celik, G. (2013). Characteristics of cookies supplemented with oleaster (elaeagnus ngustifolia l.) flour. I physicochemical, sensorial and textural properties. *Journal of Agricultural Science*, 5(2), 160-168.

Shahidi, B., Kalantari, M. & Boostani, S. (2017). Preparation and characterization of sponge cake made with grape juice. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13(2), 415-425 [In Persian].

Tajally Tehrani, H., Faraji, A. & Moshashaei, S.A. (2021). Study on qualitative characteristics of reduced fat and sugar oil cake utilizing charkhak gum, bamboo fiber and sucralose. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 13(1), 131-147 [In Persian].

Touré, A. & Xueming, X. (2010). Flaxseed lignans: Source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bio-active components, and health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(3), 261-269.

Tufail, F., Pasha, I., Butt, M.S., Abbas, N. & Afzaal, S. (2002). Use of date syrup in the preparation of low caloric cakes replacing sucrose. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 3, 149-153.

Waszkowiak, K. & Gliszczyn´ska‐S´wigło, A. (2016). Binary ethanol–water solvents affect phenolic profile and antioxidant capacity of flaxseed extracts. *European Food Research and Technology*, 242, 777-786.

Xu, Y., Hall, C.A. & Manthey, F.A. (2014). Effect of flaxseed flour on rheological properties of wheat flour dough and on bread characteristics. *Journal of Food Research*, 3(6), 83-91.

Yaseen, A.A., Shouk, A.E.A. & Ramadan, M.T. (2010). Corn-wheat pan bread quality as affected by hydrocolloids. *Journal of American Science*, 6(10), 684-690.

Yoğurtçu, H. & Kamişli, F. (2006). Determination of theological properties of some pekmez samples in Turkey. *Journal Food Engineering*, 77(4), 1064-1068.

Zaree, Z., Noori, L. & Fahim Danesh, M. (2016). The effect of replacing wheat flour with Eleaagnus angustifolia flour on physicochemical and sensory properties of oil cake. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 8(2), 55-63 [In Persian].

Investigation of Chemical and Sensory Properties of Diet Chiffon Cake using Flaxseed Flour, Mulberry Juice and Oleaster Powder

A. Nikdel[a], A. Pedram Nia [b*], M. Jalali [b]

[a] MSc Student of the Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

[b*] Assistant Professor of the Department of Food Science and and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

Received: 31 January 2022 Accepted: 21 November 2022

Abstract

Introduction: Today, due to the interest of consumers in the nutritional properties of food, the demand for the production of low-calorie foods has increased. In this study, the use of flaxseed flour, mulberry juice and oleaster powder as effective compounds in reducing the amount of energy intake on the physicochemical and sensory properties of chiffon cake was investigated.

Materials and Methods: To prepare a diet cake, from three variables of oleaster powder (15, 30 and 45%), mulberry juice (30, 60 and 90%) and flaxseed flour (10, 20 and 30%), wheat flour, sugar and eggs were used as alternatives, respectively. Physicochemical parameters (pH, fat, fatty acidity, peroxide, total sugar and water activity) and sensory (taste, color, texture and general acceptance) were investigated The results were analyzed by the statistical method of response surface and central composite design. To determine the shelf life of the cake, after determining the formulation of the optimal production sample, the mold and yeast measurement test was used. Also, the results of the analysis of independent variables on the amount of evaluated indicators were checked in 2 hours after baking the chiffon cake.

Results: The results showed that the linear effect of mulberry juice and oleaster powder on fat, peroxide and water activity indices was significant. Among the independent variables, the highest effect of quadratic effect was related to flaxseed flour, which was significant on the parameters of pH, fat, fatty acidity, peroxide and total sugar. The highest interaction of variables in physicochemical properties was related to the effect of mulberry juice- flaxseed flour, which improved the amounts of fat, acidity, peroxide, total sugar and water activity, and in the sensory properties, the interaction of mulberry juice-oleaster powder had the greatest effect, which was significant in increasing the taste and general acceptance indices. The values obtained to measure the shelf life of the cake, based on the optimally produced cakes, for the first 10 days after production showed the absence of mold and yeast.

Conclusion: Finally, the independent variables in the optimal conditions of chiffon cake formulation for flaxseed flour, mulberry juice and oleaster powder were 11.25, 48.35 and 23.75%, respectively.

Keywords: *Chiffon Cake, Flaxseed Flour, Mulberry Juice, Oleaster Powder.*

* Corresponding Author: ahmadpedram@yahoo.com