# تاثیر جایگزینی چربی با موسیلاژ دانه‌ی چیا (*Salvia hispanica* L.) بر ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی کیک روغنی

مریم چهاردولی[۱]، سیمین اسداللهی[۲*]، بیژن خورشید پور[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
۲*- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
۳- عضو هیات علمی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

**(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۸)**

## چکیده

در میان محصولات پخت، نان و کیک، محصولاتی با بالاترین نرخ مصرف هستند اما مصرف طولانی مدت این محصولات، چاقی و مشکلات سلامتی به همراه خواهد داشت. بنابراین در پژوهش حاضر، امکان استفاده از سطوح مختلف موسیلاژ دانه چیا (صفر، ۰/۵٪، ۰/۷۵٪، ۱٪، ۱/۲۵٪) به عنوان جایگزین چربی، بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر (دانسیته و ویسکوزیته)، خصوصیات فیزیکوشیمیایی (رطوبت، چربی، خاکستر، پروتئین، کالری، حجم مخصوص و رنگ سنجی)، بیاتی و حسی (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی) نمونه‌های کیک روغنی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از طرح کاملا تصادفی استفاده شد و مقایسه میانگین ها توسط آزمون چند دامنه دانکن و در سطح احتمال ۱ درصد انجام پذیرفت. طبق نتایج، با افزودن غلظت موسیلاژ دانه چیا، میزان رطوبت، ویسکوزیته، حجم مخصوص و بیاتی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد افزایش اما میزان چربی، دانسیته خمیر و شاخص های رنگی L*، a* و b* کاهش یافت. همچنین در ارزیابی ویژگی‌های حسی، با افزایش سطح جایگزینی موسیلاژ دانه چیا، میزان مقبولیت نمونه‌ها کاهش یافت. بر اساس نتایج، جایگزینی چربی در فرمولاسیون کیک با موسیلاژ دانه چیا تا سطح ۲۰درصد( حاوی ۰/۵ درصد موسیلاژ چیا) موجب حفظ خصوصیات کاربردی و حسی محصول گردید لذا این تیمار به عنوان تیمار برتر معرفی شد.

**کلید واژگان:** چیا، جایگزین چربی، کیک روغنی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، خصوصیات حسی

*مسئول مکاتبات: asadollahi@iauvaramin.ac.ir



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

## ۱- مقدمه

غلات و فرآورده‌های آن از لحاظ تغذیه‌ای منبع مهمی از پروتئین، کربوهیدرات، ویتامین‌های گروه B، آهن و فیبر می‌باشند و سهم مهمی در تأمین انرژی و پروتئین مورد نیاز بدن انسان دارند. یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های حاصل از غلات، کیک است. مطابق استاندارد ملی ایران، کیک، نوعی شیرینی با بافت و نرمی مخصوص بوده که مواد اصلی آن آرد، روغن، شکر و تخم مرغ می‌باشد و در صورتی که میزان روغن افزوده شده آن حداقل ۱۰درصد وزن محصول باشد، به آن کیک روغنی گفته می‌شود[۱]. مقدار چربی در فرآورده های مختلف نانوایی متفاوت است به‌گونه‌ای که چربی به‌کار رفته در فرمول برخی فرآورده‌ها مانند نان پایین، اما در سایر فرآورده‌های نانوایی نظیر کیک‌ها بالاست. کاهش چربی در فرآورده‌های غذایی بسیار دشوار است زیرا چربی باعث ایجاد ظاهر، عطر، طعم، احساس دهانی و بافت مطلوب در ماده غذایی می‌گردد. بنابراین در اکثر فرآورده‌های غذایی در هنگام حذف چربی، از یک افزودنی دیگر که بتواند نقش چربی را ایفا کرده و باعث تولید محصول مطلوب شود، استفاده می‌گردد[۲و۳]. چیا[1] با نام علمی (*Salvia hispanica* L.)، گیاهی متعلق به خانواده‌ی نعنائیان[2] است. امروزه دانه‌های چیا به‌عنوان منبعی غنی از مواد مغذی و افزودنی بیولوژیکی، یکی از دانه‌های مورد علاقه در تکنولوژی صنایع غذایی محسوب می‌شود و در کشورهای قاره‌ی امریکا به صورت تجاری، کشت و به بازار عرضه می‌گردد. اتحادیه اروپا نیز، در سال ۲۰۰۹ چیا را به عنوان یک غذای جدید تایید و افزودن آن را تا ۵ درصد به فرمولاسیون نان تصویب نموده‌است[٤]. به فیبرهای رژیمی محلول در آب دانه‌های چیا، موسیلاژ گفته می‌شود که با روش‌های مختلفی نظیر اتانولی، اسیدی یا آبی استخراج می‌شود. موسیلاژ چیا حلالیت بسیار زیادی در آب داشته و با جذب آب تا چندین برابر وزن خود و با ایجاد یک ساختار ژل مانند، به عنوان یک جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات، برخی از خصوصیات و نقش‌های چربی را ایفا می‌کند[۵]. دانه‌های چیا رشد طبیعی دارند و به طور ژنتیکی از ارگانیسمی تغییر یافته و مصنوعی حاصل نمی‌شوند و در نتیجه فاقد گلوتن می‌باشند و می‌توانند توسط مبتلایان به بیماری سیلیاک مصرف شوند [٦]. میزان پروتئین دانه‌های چیا، بین ۱۵ تا ۲۳ درصد است و شامل همه‌ی اسید آمینه های ضروری به ویژه گلوتامیک اسید، آرژنین، آسپارتیک اسید، آلانین، فنیل آلانین، لوسین، سرین است. دانه های چیا منبع بسیار خوبی از روغن (۲۵ تا ٤۰ درصد) می باشند و ارزش دانه‌ی چیا اساسا برای روغن آن است، روغن چیا به عنوان یک روغن شورتنینگ در خمیر کیک یا شیرینی منجر به هوادهی بیشتر و نرمی محصول می‌گردد[۵]. دانه‌های چیا با توجه به میزان روغنشان، یک منبع غنی از اسید های چرب اشباع[1](PUFA) نظیر امگا-۳ لینولنیک اسید (بیشتر از ٦۰ درصد) و امگا-٦ لینولئیک اسید (بیشتر از ۲۰ درصد) هستند. همچنین روغن چیا دارای بالاترین مقدار آلفا- لینولنیک اسید نسبت به هر منبع طبیعی شناخته شده می‌باشد[۷]. همچنین این روغن فاقد عطر و طعم منابع دریایی است، که این امر یکی دیگر از دلایل برتری دانه چیا نسبت به سایر منابع تغذیه‌ای محسوب می شود. از دیگر جنبه های مورد توجه این دانه، میزان فیبر بالای آن (حدود ۳٦ تا ٤۰ گرم در هر ۱۰۰ گرم) می‌باشد. دانه‌ی چیا حاوی حدود ۵ درصد موسیلاژ است که می‌تواند به عنوان فیبر محلول عمل کند. موسیلاژ چیا پلی ساکارید شاخه‌ای با اسیدیته‌ی بالا است که حاوی گزیلوز، مانوز، آرابینوز، گلوکز، گالاکتورونیک اسید وگلوکورونیک اسید بوده و به راحتی می تواند پس از هیدراسیون حذف شود ودارای ظرفیت حفظ آب تا ۲۷ برابر وزن خود است[۸ و ۹]. موسیلاژ چیا حلالیت بسیار زیادی در آب دارد و تشکیل یک محلول بسیار ویسکوز در غلظت های پایین می‌دهد. همچنین دانه‌ی چیا منبعی غنی از آنتی اکسیدان‌های سینرژیک و اصلی نظیر فلاونول ها، کلروژنیک اسید، کافئیک اسید، میرستین، کوئرستین، کامفرول و نیز آنتی اکسیدان‌های طبیعی نظیرتوکوفرول‌ها، فیتو استرول‌ها، کاروتنوئیدها بوده که وجود این ترکیبات نقش مهمی در پایین نگهداشتن سطح اتواکسیداسیون روغن چیا و افزایش زمان ماندگاری آن دارند[۱۰ و ۱۱]. بورنئو و همکاران (۲۰۱۰)، از ژل دانه‌ی چیا به عنوان جایگزین چربی یا تخم مرغ به میزان ۲۵ ، ۵۰ و ۷۵ درصد در فرمولاسیون پوند کیک[3] استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که جایگزینی تا سطح ۲۵ درصد منجر به حفظ خصوصیات محصول نهایی می‌شود. از سوی دیگر حجم مخصوص کیک‌های تولیدی با سطوح جایگزینی بالاتر از ۵۰

1. Chia
2. Labiatae
3. Pound cake



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

درصد، به دلیل هـوادهی کمتـر و متـراکم تـر بـودن محـصول، کاهش یافت اگر چه از لحاظ تقارن و یکنـواختی تغییـر قابـل توجهی مشاهده نشد[٦]. لونا پیزارو و همکاران (۲۰۱۳)، اثرات اختلاط آرد کامل چیا[1] و روغن گیـاهی هیدروژنـه را در پونـد کیک مورد ارزیابی قرار دادند و نشان دادند کـه اسـتفاده از آرد کامل چیا موجب افزایش مواد مغذی، به خصوص اسید چـرب امگا-۳ آلفا لینونیک اسید و نسبت امگا-۳ به امگا-٦ می‌شود. همچنین وجود روغن گیـاهی هیدروژنـه موجـب بـه حـداقل رساندن عوارض جانبی آرد کامل چیا در حجـم مخـصوص و سفتی کیک گردید[۱۲]. موریرا همکاران (۲۰۱۳)، اثر آرد چیـا و هیدروکلوئید هایی نظیر (صمغ گـوار، هیدروکـسی پروپیـل متیـل سـلولز) را در غلظـت هـای مختلـف بـر خـصوصیات رئولوژیکی خمیر فاقد گلوتن بر پایه ی آرد شـاه بلـوط، مـورد بررسـی قـرار دادنـد. طبـق نتـایج، حـضور هـم زمـان چیـا و هیدروکلوئیدها به طور قابل تـوجهی خـصوصیات رئولـوژیکی خمیرها را اصلاح نمود. به گونه‌ای که ویسکوزیته ظـاهری در نرخ برش ثابت[2] و مدول ذخیره‌سازی و اتـلاف[3]، در فرکـانس زاویه ثابت[4] با افزایش میزان هیدروکلوئیدها کاهش نشان داد. از سوی دیگر طبق داده‌های احیای خـزش[5]، کـشش خمیرهـا[6] بـا حضور هیدروکلوئیدها بهبود و دمای ژلاتینه شـدن بـا افـزایش میزان افزودنی‌ها کاهش یافت[۱۳]. با توجـه بـه مطالـب ذکـر شده، موسیلاژ دانه‌ی چیا می‌توانـد بـه عنـوان یـک جـایگزین چربی جهت کاهش میزان کالری و بهبود سلامت مصرف‌کننده در فرمولاسیون بسیاری از فرآورده‌های غذایی به منظـور تولیـد فرآورده‌های کم چرب مورد استفاده قرار گیرد. لـذا در تحقیـق حاضر اثر جایگزینی موسیلاژ دانه‌ی چیا بـا روغـن موجـود در کیک روغنی به منظور تولید کیک کم کالری مورد بررسی قـرار گرفت.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- آماده سازی موسیلاژ دانه چیا

ابتدا موسیلاژ از دانه‌های چیا استخراج گردید. جهت انجام فرآیند استخراج، به دانه‌های چیا (به نسبت ۱:۲۰) آب اضافه شد و پس از ۳۰ دقیقه و با مشاهده دانه‌های متورم شده و تشکیل ژل در اطراف آن‌ها، نمونه‌ها درون دستگاه سانتریفوژ (به مدت ۲۰ دقیقه و دمای ٤ درجه سلسیوس) قرار داده شدند. عصاره‌ی استخراج شده، درون آون (به مدت ۲ ساعت و دمای ۵۰ درجه سلسیوس) خشک، سپس به وسیله ی آسیاب پودر شد. پودر حاصل در کیسه‌های پلی اتیلنی قرار داده شد و تا زمان مصرف در جای خشک و خنک نگهداری گردید[١٤].

### ۲-۲- آماده‌سازی کیک روغنی

ابتدا مواد اولیه جهت انجام آزمایش شامل آرد گندم (شرکت گلها)، روغن مایع (شرکت لادن)، شکر (شرکت لادن)، تخم مرغ (شرکت روزانه)، دانه چیا (شرکت روسی Nutiva) و بکینگ پودر (شرکت مهسا)، تهیه و با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین گردیدند. جهت تولید خمیر کیک روغنی، در مرحله‌ی اول، تخم مرغ و شکر توسط مخلوط کن (پارس خزر ساخت ایران) با دور بالا به مدت ۳ دقیقه کاملا مخلوط شدند. در مرحله‌ی دوم، روغن و آب به مخلوط اضافه شد و با دور بالای همزن، مخلوط گردیدند. در مرحله ی سوم، آرد و بکینگ پودر اضافه شد و به مدت ۳ دقیقه با سرعت متوسط، عمل مخلوط کردن انجام شد. در نهایت خمیر پس از آماده شدن و انتقال به قالب‌های مورد نظر، به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۱۷۵ درجه سلسیوس پخته شدند. در نهایت نمونه‌های کیک پس از خنک شدن در دمای محیط، در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته بندی گردیدند[۱۵]. تیمارهای مورد بررسی شامل نمونه‌ی کیک روغنی شاهد و نمونه های حاوی۰/۵ ٪ ، ۰/۷۵ ٪ ، ۱٪ و ۱/۲۵ ٪ موسیلاژ دانه‌ی چیا بودند که در جدول ۱ به آن ها اشاره شده است. با توجه به نوع آزمون‌های ذکر شده در جدول های ۲ و ۳ و در نظر گرفتن سه تکرار برای هر آزمون، حدود ٤ کیلوگرم آرد گندم نول و ۲۰ گرم موسیلاژ دانه‌ی چیا تهیه گردید. همچنین کلیه کیک‌های مورد نظر در این تحقیق، در شرکت نان سحر واقع در شهر تهران آماده و پخت گردیدند. از سوی دیگر آزمون‌های مربوط به بیاتی نمونه ها، فعالیت آبی و آزمون ویسکوزیته خمیر نمونه‌های کیک در پژوهشگاه مواد غذایی استاندارد کرج و سایر آزمون های مورد نظر در تحقیق و نیز استخراج موسیلاژ از دانه‌های چیا در آزمایشگاه میزان سنجش پاسارگاد کرج انجام شدند.

1. Whole Chia Flour
2. Constant shear rate
3. Storage and loss modulus
4. Constant angular frequency
5. Creep recovery
6. Dough elasticity



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

**Table 1** Treatments of study

| Code of treatments | Percentage of oil loss | Percentage of replacing chia mucilage powder based on the weight of flour |
|---|---|---|
| C | 0 | 0 |
| T1 | 20 | 0.5 |
| T2 | 40 | 0.75 |
| T3 | 60 | 1 |
| T4 | 80 | 1.25 |

## ۲-۳- آزمون‌های تحقیق

آزمون های فیزیکو شیمیایی انجام شده بر روی نمونه های آرد گندم و کیک روغنی تولید شده در جدول ۲ ارایه شده است.

### ۲-۳-۱- آزمون‌های فیزیکو شیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های آرد گندم و کیک روغنی تولید شده

**Table 2** Chemical tests conducted on wheat flour and oil cake samples

| Test type | Test method | References |
|---|---|---|
| **Moisture** | AACC. No(44-16) | [16] |
| **Ash** | AACC. No(01-08) | [16] |
| **Protein** | AACC. No(46-12) | [16] |
| **Fat** | AACC. No(30-10) | [16] |
| **Fiber** | AACC. No(32-10) | [16] |
| **pH** | Iranian National Standard, No: 37 | [17] |

### ۲-۳-۲- اندازه‌گیری کالری

با اندازه‌گیری پروتئین، چربی و کربوهیدرات نمونه‌ها، میزان کالری نمونه‌های کیک تعیین گردید[۱۵].

### ۲-۳-۳- آزمون رنگ‌سنجی

جهت انجام آزمون تعیین رنگ نمونه‌های کیک، از دستگاه هانترلب (D25-9000 ساخت آلمان) استفاده شد. رنگ نمونه‌های کیک به واسطه بازتاب نور بر روی رنگ‌سنج هانترلب، با پارامترهای L*، a* و b* اندازه‌گیری شد. شاخص L* معرف میزان روشنی نمونه ها بوده و دامنه‌ی آن از صفر( سیاه خالص) تا ۱۰۰ ( سفید خالص) متغیر است. شاخص a* میزان نزدیکی رنگ نمونه ها به رنگ های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه‌ی آن بین ۱۲۰- ( سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) می‌باشد. شاخص b* نیز میزان نزدیکی رنگ نمونه ها به رنگ های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه‌ی آن از ۱۲۰- ( آبی خالص) تا ۱۲۰+ ( زرد خالص) متغیر می‌باشد. همچنین ΔE نشان دهنده‌ی اختلاف رنگ نمونه‌ها با شاهد است[۱۸].

$$\Delta E = \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}} \quad (۱)$$

### ۲-۳-٤- اندازه‌گیری حجم مخصوص

حجم مخصوص نمونه‌های کیک، پس از بدست آوردن دانسیته، با استفاده از رابطه‌ی ۲ به‌دست آمد[۱۹].

$$M = \frac{1}{\rho} \quad (۲)$$

که در آن: ρ= چگالی($g/cm^3$) و M= حجم مخصوص ($cm^3/g$) می‌باشند.

### ۲-۳-۵- بافت‌سنجی(بیاتی)

این آزمون در فواصل زمانی ۱، ۲ و ۳ روز پس از پخت نمونه‌ها انجام شد. برای ارزیابی بافت نمونه‌های کیک از دستگاه بافت سنج اینسترون (Testometric M350-10CT ساخت انگلستان) با قطر پروب ۲ میلی‌متر و سرعت پروب۲ میلی‌متر بر ثانیه استفاده شد. میزان نیروی فشاری وارد شده به نمونه ها بر حسب نیوتن گزارش گردید به طوری که بیشترین نیروی وارد شده به نمونه‌ها دلالت به سفتی بیشتر نمونه‌ها داشت[۱۵].

### ۲-۳-٦- آزمون های رئولوژیکی انجام شده بر روی خمیر نمونه های کیک روغنی

آزمون‌های رئولوژیکی انجام شده بر روی نمونه‌های خمیر در جدول ۳ ارایه شده‌است.

**Table 3** Rheological tests conducted on dough cake samples

| Test type | Test method | References |
|---|---|---|
| **Viscosity(Pa.s)** | AACC. No(74-09) | [16] |
| **Density($g/cm^3$)** | AACC. No(55-50) | [20] |

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

**۲-۳-۷- آزمون ارگانولپتیکی (حسی) انجام شده بر روی نمونه‌های کیک**

برای ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه های کیک، از روش هدونیک ۵ نقطه ای استفاده شد. بدین ترتیب که نمونه‌های کیک، در روز اول پخت توسط تعدادی از افراد آموزش دیده و متخصص (پنلیست‌ها) از لحاظ رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این آزمون عدد (۱) نشان دهنده پایین‌ترین امتیاز و عدد (۵) نشان دهنده بالاترین امتیاز بود[۱۵].

## ۲-٤- روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمون‌ها (غیراز بیاتی که از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی استفاده شد)، از طرح کاملا تصادفی استفاده گردید و مقایسه میانگین داده‌ها، توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۱ درصد، به کمک نرم افزار SPSS نسخه ۱٦ انجام پذیرفت.

# ۳- نتایج و بحث

## ۳-۱- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون‌های شیمیایی آرد

نتایج مربوط به آزمون های شیمیایی انجام شده بر روی نمونه های آرد گندم مورد استفاده در تولید کیک در جدول ٤ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، آرد گندم مورد نظر، مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳، جهت تولید خمیر کیک مناسب تشخیص داده شد.

**Table 4** Chemical properties of wheat flour used in production of cake

| Fat (%) | Protein (%) | Ash (%) | Fiber (%) | pH | Moisture (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.80 | 9.9 | 0.597 | 0.64 | 6.19 | 14.2 |

## ۳-۲- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون‌های رئولوژیکی انجام شده بر روی خمیر نمونه‌های کیک

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف پودر موسیلاژ چیا بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر نمونه‌های کیک روغنی در جدول ۵ نشان داده شده است.

**Table 5** Mean comparison of density ($g/cm^3$) and viscosity (Pa.s) tests of cake dough samples

| Treatment | Viscosity(Pa.s) | Density($g/cm^3$) |
|---|---|---|
| **C** | 47.54±0.04e | 0.453±0.003a |
| **T1** | 57.05±0.04d | 0.401±0.01c |
| **T2** | 66.56±0.02c | 0.426±0.001b |
| **T3** | 72.63±0.05b | 0.450±0.003a |
| **T3** | 80.70±0.03a | 0.450±0.003a |

In each column, means with at least one common letter have no significant difference at 1% level
C=control; T1= 20% oil lose + 0.5% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T2= 40% oil lose + 0.75% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T3=60% oil lose + 1% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T4= 80% oil lose + 1.25% chia mucilage powder (based on the weight of flour)

**۳-۲-۱- ارزیابی نتایج مربوط به آزمون ویسکوزیته خمیر نمونه‌های کیک**

با توجه به جدول ۵، افزودن سطوح مختلف موسیلاژ دانه چیا، سبب افزایش ویسکوزیته خمیر نمونه های کیک، در مقایسه با نمونه شاهد گردید به گونه‌ای که نمونه شاهد (C) از کمترین میزان ویسکوزیته و نمونه $T_4$ از بیشترین مقدار آن برخوردار بودند. ضمن آن که بین دو تیمار مذکور اختلاف معنی دار مشاهده گردید($p\leq 0.01$). علت افزایش ویسکوزیته آن است که افزودن موسیلاژ چیا، سبب افزایش جذب آب در نمونه‌ها گردید لذا ویسکوزیته خمیر افزایش یافت. از سوی دیگر افزودن سطوح بالای موسیلاژ چیا سبب شد تا زمان انبساط خمیر به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد که این امر ناشی از واکنش موسیلاژ با شبکه پروتئینی (گلوتن) آرد بوده که سبب تغییر در ویژگی‌های الاستیسیته خمیر و کاهش ظرفیت نگهداری گاز، افزایش قوام و در نهایت افزایش ویسکوزیته آن گردید. دامن افشان و همکاران (۱۳۹٤)، تاثیر اینولین را در سه سطح ۲۰، ٤۰ و٦۰ درصد به عنوان جایگزین چربی بر خصوصیات کیک روغنی مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج، با افزایش میزان جایگزینی چربی، افزایش معنی‌داری در ویسکوزیته مشاهده گردید به گونه‌ای که تیمار تهیه شده با ٦۰ درصد جایگزین چربی، بیشترین مقدار ویسکوزیته را در مقایسه با سایر تیمارها نشان داد[۱۵]. موریس و همکاران



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

(۲۰۱۲)، از اینولین به عنوان جایگزین چربی در کیک استفاده نمودند و نشان دادند که افزودن مقادیر بالایی از اینولین، به دلیل واکنش آن با شبکه گلوتن آرد، موجب افزایش ویسکوزیته خمیر می‌شود[۲۱].

### ۳-۲-۲- ارزیابی نتایج مربوط به آزمون دانسیته خمیر نمونه‌های کیک

با توجه به جدول ۵، افزودن سطوح مختلف موسیلاژ دانه چیا، سبب کاهش دانسیته خمیر نمونه‌های کیک، در مقایسه با نمونه شاهد گردید به گونه‌ای که نمونه شاهد(C) از بیشترین میزان دانسیته و نمونه $T_1$ از کمترین مقدار صفت مذکور برخوردار بودند. ضمن آن که بین دو تیمار مذکور اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید($p\leq 0.01$). علت نتیجه حاصل آن است که با افزایش سطح جایگزینی، وضعیت الاستیک خمیرها بهبود یافت و بر استحکام دیواره سلول های نگهدارنده‌ی گاز افزوده شد. در نتیجه قابلیت نگهداری گاز خمیر بیشتر گردید و حباب های گاز در خمیر از امکان به هم پیوستن و گسترش یافتن بیشتری برخوردار شدند لذا محصول پخته شده از حجم بیشتر اما دانسیته کمتر برخوردار بود. همچنین علت افزایش دانسیته‌ی تیمارهای $T_3$ و $T_4$ نسبت به تیمارهای $T_1$ و $T_2$ آن است که چربی به کار رفته در فرمولاسیون خمیر، به صورت لایه‌ای محافظ، اطراف حباب های هوای تشکیل شده را فراگرفت و از خروج آن ها جلوگیری نمود. بدین ترتیب با کاهش هر چه بیشتر چربی از فرمولاسیون و افزایش میزان موسیلاژ چیا، ظرفیت نگهداری هوا کاهش و با کاهش میزان حباب‌های هوا، دانسیته افزایش یافت. دامن افشان و همکاران (۱۳۹۱)، نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند[۱۰].

## ۳-۳- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون‌های فیزیکوشیمیایی انجام شده بر روی نمونه‌های کیک

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف پودر موسیلاژ چیا بر ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی نمونه های کیک روغنی در جدول ٦ نشان داده شده است.

**Table 6** Mean comparison of chemical tests in the samples of cake

| Treatment | Moisture (%) | Ash (%) | Protein (%) | Fat (%) | Energy (cal) | Specific volume ($cm^3/g$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **C** | 19.78±0.05d | 1.170±0.01a | 8.400±0.04a | 25.73±0.01a | 475.2±0.1a | 2.18±0.01c |
| **T1** | 19.85±0.03d | 1.173±0.01a | 8.400±0.03a | 22.27±0.01b | 459.3±0.2b | 2.49±0.04a |
| **T2** | 20.46±0.04c | 1.177±0.01a | 8.410±0.02a | 19.72±0.01c | 451±0.3c | 2.34±0.03b |
| **T3** | 22.91±0.05b | 1.183±0.01a | 8.410±0.01a | 14.64±0.01d | 442.3±0.1d | 2.22±0.02c |
| **T4** | 24.05±0.05a | 1.187±0.01a | 8.433±0.05a | 11.67±0.01e | 416.7±0.4e | 2.22±0.03c |

In each column, means with at least one common letter have no significant difference at 1% level
C=control; T1= 20% oil lose + 0.5% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T2= 40% oil lose + 0.75% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T3=60% oil lose + 1% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T4= 80% oil lose + 1.25% chia mucilage powder (based on the weight of flour)

### ۳-۳-۱- ارزیابی نتایج مربوط به آزمون پروتئین نمونه‌های کیک

طبق جدول مقایسه میانگین ٦، نمونه شاهد (C) از کمترین مقدار پروتئین اما تیمار $T_4$ از بیشترین مقدار صفت مذکور برخوردار بودند اما بین دو تیمار مذکور و حتی بین تمام تیمارها اختلاف معنی دار مشاهده نگردید($p>0.01$). به عبارت دیگر افزودن موسیلاژ دانه‌ی چیا در سطوح مختلف تاثیر چندانی بر میزان پروتئین نمونه ها نداشت. علت نتیجه حاصل شده آن است که در تحقیق حاضر، موسیلاژ دانه‌ی چیا، جایگزین روغن گردید لذا میزان پروتئین آرد و در نتیجه کیک، در تمامی نمونه ها تفاوت معنی‌دار نشان نداد. اما علت افزایش جزئی در میزان پروتئین کیک‌های حاوی موسیلاژ چیا نسبت به نمونه شاهد، احتمالا مربوط به مقادیر جزئی پروتئین آلبومین در آن است. موحد و همکاران (۱۳۹۲)، نیز در تحقیقات خود نشان دادند که افزودن صمغ‌های زانتان و کربوکسی متیل سلولز به کیک‌های برنجی، سبب افزایش جزئی پروتئین، فیبر و بهبود بافت در کیک‌های مذکور در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد[۳]. بورنئو و همکاران (۲۰۱۰) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که افزودن ژل چیا به عنوان جایگزین چربی در پوند کیک، سبب افزایش بسیار جزئی پروتئین نمونه‌های حاوی ژل دانه‌ی چیا نسبت به نمونه شاهد می‌گردد[٦].

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

### ۳-۳-۲- ارزیابی نتایج مربوط به آزمون چربی نمونه‌های کیک

طبق جدول مقایسه میانگین ٦، افزودن موسیلاژ دانه چیا در کاهش چربی نمونه های کیک در مقایسه با نمونه شاهد موثر بوده است به طوری که نمونه شاهد(C) از بیشترین مقدار چربی اما نمونه $T_4$، از کمترین مقدار آن برخوردار بودند. ضمن آن که بین دو تیمار مذکور اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. قابل توجه این که اختلاف بین کلیه نمونه‌های حاوی موسیلاژ دانه‌ی چیا با یکدیگر و با نمونه شاهد معنی‌دار بود($p\leq 0.01$). دلیل کاهش چربی در نمونه های حاوی موسیلاژ دانه چیا در مقایسه با نمونه شاهد آن است که موسیلاژ دانه چیا به عنوان یک جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات عمل نمود که این ویژگی سبب کاهش میزان چربی کیک های تولیدی گردید. بورنئو و همکاران (۲۰۱۰) نیز در تحقیقات خود از ژل دانه چیا به عنوان جایگزین چربی در کیک استفاده کردند و نشان دادند که جایگزینی روغن با ژل چیا موجب کاهش چربی نمونه های حاوی ژل چیا می‌گردد[٦]. سومیا و همکاران (۲۰۰۹) نیز اعلام نمودند که افزودن صمغ‌های گوار و زانتان به عنوان بخشی از جایگزین چربی، موجب کاهش مقدار چربی و در نهایت بهبود خواص کیفی و ارگانولپتیکی کیک‌های حاوی صمغ‌های مذکور می‌گردد[۲].

### ۳-۳-۳- ارزیابی نتایج مربوط به آزمون خاکستر نمونه‌های کیک

با توجه به جدول ٦، نمونه شاهد (C) از کمترین میزان خاکستر اما تیمار $T_4$ از بیشترین مقدار صفت مذکور برخوردار بودند اما بین دو تیمار مذکور و حتی کلیه ی تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید($p>0.01$). به عبارتی افزودن موسیلاژ دانه‌ی چیا در سطوح مختلف تاثیر چندانی بر میزان خاکستر نمونه ها نداشت. اما علت افزایش جزئی خاکستر نمونه‌های حاوی موسیلاژ چیا را می‌توان به ماهیت موسیلاژ چیا نسبت داد، چرا که با بررسی ساختار موسیلاژ چیا مشخص گردید که میزان مواد معدنی آن نسبت به دانه‌های چیا بالاتر است. موحد و همکاران (۱۳۹٤) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که افزودن فیبر پرتقال به کیک مافین، سبب افزایش میزان خاکستر، کاهش میزان چربی، افزایش میزان فیبر و بهبود خواص حسی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد[۱۱].

### ۳-۳-٤- ارزیابی نتایج مربوط به آزمون رطوبت نمونه‌های کیک

با توجه به جدول مقایسه میانگین ٦، افزودن موسیلاژ دانه چیا موجب افزایش رطوبت نمونه‌های کیک در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به طوری که نمونه شاهد (C) از کمترین مقدار رطوبت اما نمونه $T_4$ از بیشترین مقدار صفت مذکور برخوردار بودند. ضمن آن که بین دو تیمار مذکور و حتی سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید($p\leq 0.01$). به طور کلی میزان رطوبت مواد غذایی بیانگر کیفیت ماده غذایی است و مرطوب بودن یکی از شاخص‌های مطلوب در کیک است و این خاصیت در نهایت موجب نرم شدن کیک می‌شود. همان گونه که گفته شد نمونه $T_4$، از بیشترین مقدار رطوبت برخوردار بود که دلیل آن جایگزینی بیشتر چربی با موسیلاژ دانه‌ی چیا بوده است. این سطح جایگزینی، مقدار آب بیشتری را نسبت به خمیر اولیه در خود ذخیره می‌کند. همچنین به علت بالا بودن میزان فیبر رژیمی موسیلاژ(حدود ٤۰ درصد)، می‌تواند با ایجاد اتصالات شیمیایی به حفظ آب در ماتریکس غذایی کمک کند. بنابراین، واکنش بین فیبر و نشاسته، می‌تواند رتروگرونداسیون نشاسته را تاخیر انداخته و از افت رطوبت در طول نگهداری جلوگیری کند. به طور کلی هیدروکلوئیدها قادرند چند برابر وزن خود آب جذب کرده و با نگهداری آب در داخل شبکه‌ی خود، منجر به ثبات شبکه گلوتنی خمیر، نگهداری بهتر آب خمیر، کاهش بیاتی و سفتی محصول گردند. موسیلاژ دانه چیا نیز به عنوان یک هیدروکلوئید و به علت خاصیت جذب آب بالای خود، توانست سبب افزایش محتوای رطوبتی نمونه های کیک گردد. فلیس برتو و همکاران (۲۰۱۵)، از ژل موسیلاژ چیا برای کاهش چربی در پوند کیک استفاده کردند. طبق نتایج، با افزایش ژل موسیلاژ چیا در فرمولاسیون پوند کیک ، میزان محتوای رطوبتی نمونه‌ها نیز افزایش یافت[١٤].

### ۳-۳-۵- ارزیابی نتایج مربوط به آزمون کالری نمونه‌های کیک

طبق جدول ٦، افزودن موسیلاژ دانه چیا موجب کاهش کالری نمونه‌های کیک در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به طوری که نمونه شاهد (C) از بیشترین میزان کالری اما تیمار $T_4$ از کمترین مقدار صفت مذکور برخوردار بودند. ضمن آن که بین دو تیمار و حتی سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید($p\leq 0.01$). دلیل کاهش کالری در نمونه کیک های



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

حاوی موسیلاژ دانه چیا در مقایسه با نمونه شاهد آن است که از موسیلاژ دانه‌ی چیا به عنوان یک جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات استفاده شد که این ویژگی سبب کاهش میزان چربی در نمونه‌های کیک و لذا کاهش کالری گردید. بورنئو و همکاران (۲۰۱۰) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند[٦].

### ۳-۳-٦- ارزیابی نتایج مربوط به آزمون حجم مخصوص نمونه‌های کیک

مطابق جدول ٦، نمونه شاهد(C) از کمترین مقدار حجم مخصوص اما نمونه $T_1$، از بیشترین مقدار صفت مذکور برخوردار بودند. ضمن آن که بین دو تیمار مذکوراختلاف معنی‌دار مشاهده گردید($p\leq0.01$). به عبارتی افزودن موسیلاژ دانه چیا در افزایش حجم مخصوص نمونه های کیک در مقایسه با نمونه شاهد موثر بوده‌است هر چند که با افزایش درصد موسیلاژ در بین نمونه‌ها، حجم مخصوص، کاهش نشان داد. علت افزایش حجم مخصوص نمونه‌های حاوی موسیلاژ چیا نسبت به نمونه شاهد آن است که استفاده از این ماده، موجب بهبود خاصیت کشسانی و الاستیک خمیرها و افزایش استحکام دیواره سلول های نگهدارنده ی گاز گردیده است. رفتار نمونه‌های $T_3$ و $T_4$ را نیز این گونه می‌توان توجیه نمود که افزایش بیش از حد غلظت موسیلاژ به دلیل ویسکوزیته بالاتر، از ورود حباب های هوا به ساختار کیک جلوگیری نمود لذا اندازه خلل و فرج‌ها ریزتر گردید در نتیجه حجم مخصوص کیک‌های حاوی درصدهای بالاتر موسیلاژ دانه‌ی چیا نسبت به نمونه‌های با درصدهای پایینتر موسیلاژ، کمتر شد. فلیس برتو و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیقی از ژل موسیلاژ چیا برای کاهش چربی در پوند کیک استفاده کردند. طبق نتایج، حجم مخصوص همه‌ی نمونه های حاوی ژل موسیلاژ چیا در مقایسه با نمونه شاهد، افزایش نشان داد[١٤].

## ۳-٤- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون‌های رنگ سنجی انجام شده بر روی نمونه‌های کیک

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف پودر موسیلاژ چیا بر رنگ نمونه‌های کیک روغنی، در جدول ۷ نشان داده شده است.

**Table 7** Mean comparison of colorimetric tests in the samples of cake

| Treatment | L* | a* | b* | ΔE |
|---|---|---|---|---|
| **C** | 40.35±0.05a | 12.39±0.01a | 35.57±0.06a | 55.20±0.7a |
| **T1** | 39.91±0.01a | 11.86±0.03b | 33.71±0.10b | 53.57±0.5b |
| **T2** | 38.88±0.05b | 10.79±0.07c | 33.79±0.03b | 52.62±0.1c |
| **T3** | 37.01±0.58c | 9.93±0.05d | 31.42±0.04c | 49.55±0.3d |
| **T4** | 34.87±0.58d | 9.43±0.03e | 30.97±0.02c | 47.58±0.4e |

In each column, means with at least one common letter have no significant difference at 1% level
C=control; T1= 20% oil lose + 0.5% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T2= 40% oil lose + 0.75% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T3=60% oil lose + 1% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T4= 80% oil lose + 1.25% chia mucilage powder (based on the weight of flour)

با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین ۷، افزودن موسیلاژ دانه چیا در سطوح مختلف، موجب کاهش شاخص رنگی $L^*$ (روشنایی) نمونه های کیک در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به طوری که نمونه شاهد(C) دارای بیشترین مقدار روشنایی اما نمونه $T_4$ دارای کمترین مقدار صفت مذکور بودند. ضمن آن که بین دو تیمار اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. همچنین بین تمامی نمونه‌های حاوی موسیلاژ دانه‌ی چیا به جز تیمار $T_1$ با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($p \leq 0.01$). همچنین افزودن موسیلاژ دانه چیا موجب کاهش شاخص رنگی $a^*$ (قرمزی) نمونه های کیک در مقایسه با نمونه شاهد شد. به طوری که نمونه شاهد (C) از بیشترین مقدار $a^*$ اما نمونه $T_4$ از کمترین مقدار آن برخوردار بودند. ضمن آن که بین تمامی نمونه‌های حاوی موسیلاژ دانه‌ی چیا با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد($p\leq0.01$). از سوی دیگر افزودن موسیلاژ دانه چیا در سطوح مختلف، موجب کاهش شاخص رنگی $b^*$ (زردی) نمونه های کیک در مقایسه با نمونه شاهد گردید به طوری‌که نمونه شاهد(C) از بیشترین میزان زردی اما نمونه $T_4$ از کمترین مقدار صفت مذکور برخوردار بودند. ضمن آن که بین تمام نمونه های حاوی موسیلاژ دانه‌ی چیا با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($p\leq0.01$). قابل توجه این که افزودن موسیلاژ دانه چیا در سطوح مختلف، موجب کاهش شاخص رنگی $\Delta E$ نمونه های کیک در مقایسه با نمونه شاهد شد به گونه‌ای که نمونه شاهد(C) دارای بیشترین مقدار $\Delta E$ اما نمونه $T_4$ دارای کمترین مقدار از صفت

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

مذکور بودند. همچنین بین تمامی نمونه‌های حاوی موسیلاژ دانه‌ی چیا با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد($p\leq0.01$). به طور کلی افزودن موسیلاژ دانه چیا موجب کاهش همه‌ی شاخص های رنگی نمونه‌های کیک در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت نتیجه حاصل می‌تواند مربوط به میزان رطوبت پوسته کیک و شدت واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد باشد. همچنین یکی دیگر از دلایل کاهش روشنایی نمونه های حاوی موسیلاژ، رنگ تیره‌ی این ماده می‌باشد که در نهایت موجب کاهش روشنایی نمونه ها نسبت به نمونه شاهد گردید. فلیس برتو و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیقی که از ژل موسیلاژ چیا برای کاهش چربی در پوند کیک استفاده کردند، به نتایج مشابهی دست یافتند[۱٤].

## ۳-۵- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون بیاتی انجام شده بر روی نمونه‌های کیک (به روش دستگاهی)

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف پودر موسیلاژ چیا بر بیاتی نمونه‌های کیک روغنی، در جدول ۸ نشان داده شده است.

**Table 8** Mean comparison of interaction between (treatment × times) on staling of cake samples by instron (N)

| Treatment | 24(h) | 48(h) | 72(h) |
|---|---|---|---|
| **C** | 2.58±0.06j | 7.37±0.2g | 10.55±0.2d |
| **T1** | 2.64±0.06j | 7.53±0.1g | 10.76±0.1d |
| **T2** | 3.49±0.02i | 8.46±0.05f | 11.57±0.04c |
| **T3** | 4.31±0.02h | 9.68±0.03e | 12.76±0.02a |
| **T4** | 3.38±0.11i | 8.32±0.08f | 12.10±0.03b |

C=control; T1= 20% oil lose + 0.5% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T2= 40% oil lose + 0.75% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T3=60% oil lose + 1% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T4= 80% oil lose + 1.25% chia mucilage powder (based on the weight of flour)

بافت یک مشخصه کیفی بسیار مهم در محصولات نانوایی است و می‌تواند مدت زمان نگهداری محصول را تعیین کند. این امر نشان می‌دهد که طی نگهداری، حتی تحت شرایطی که از افت رطوبت جلوگیری شود، کیک ممکن است تازگی و طراوت خود را از دست بدهد و سفت شود بخصوص در دمای ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس، که این پدیده احتمالا به دلیل رتروگراوداسیون نشاسته، واکنش بین نشاسته و پروتئین و همچنین مهاجرت آب می‌باشد. در نتیجه چربی به عنوان یک ماده موثر، بافت را برای مدت زمان بیشتری نرم نگه می‌دارد و اثرات ناشی از سفتی بافت را کاهش می‌دهد. با توجه به جدول ۸، افزودن موسیلاژ دانه چیا موجب افزایش میزان بیاتی نمونه‌های کیک در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به طوری که در روز اول، نمونه شاهد (C) از کمترین میزان بیاتی و نمونه $T_3$ از بیشترین مقدار صفت مذکور برخوردار بودند ضمن آن که بین تمامی نمونه های حاوی موسیلاژ دانه چیا با نمونه شاهد به جز نمونه $T_1$ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد($p\leq0.01$). به عبارت دیگر با جایگزینی موسیلاژ چیا با چربی در مقادیر بالاتر از۴۰ درصد، میزان سختی بافت نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت، به جز نمونه $T_4$ که ممکن است به دلیل مقادیر بیشتر آب در آن باشد. این رفتار نمونه‌ها در روزهای دوم و سوم نیز مشاهده شد با این تفاوت که میزان سختی تیمارها نسبت به روز اول افزایش یافته بود. علت افزایش سختی نمونه‌های حاوی موسیلاژ دانه چیا، کاهش روغن می‌باشد که منجر به کاهش ظرفیت منافذ هوایی، ساختار ضعیف‌تر پوسته و متعاقبا کاهش تردی بافت کیک و افزایش سختی گردید. به عبارت دیگر با کاهش درصد چربی و افزایش میزان موسیلاژ، اندازه حباب‌های خمیر کیک بیش از حد کوچک شد لذا هوای موجود در خمیر کیک آماده پخت، کمتر از حد لازم شد که همین امر سبب گردید تا بافت کیک سفت‌تر و از میزان نرمی آن کاسته شود. رفتار نمونه‌ی $T_4$ را نیز این‌گونه می‌توان توجیه نمود که موسیلاژ چیا ظرفیت بالایی برای حفظ آب دارد به همین جهت توانست تاثیرات مثبتی بر بافت کیک بگذارد و موجب افزایش نرمی آن گردد. دامن افشان و همکاران (۱۳۹۱) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند[۱۰].

## ۳-٦- ارزیابی نتایج حاصل از آزمون‌های حسی انجام شده بر روی نمونه‌های کیک

نتایج مقایسه میانگین تاثیر مقادیر مختلف پودر موسیلاژ چیا بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های کیک روغنی، در جدول ۹ نشان داده شده است.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

**Table 9** Mean comparison of sensory properties of cake

| Treatment | Color | Taste | Texture | General acceptance |
|---|---|---|---|---|
| **C** | 5±0.01a | 5±0.02a | 5±0.02a | 5±0.03a |
| **T1** | 4±0.01b | 5±0.02a | 5±0.02a | 5±0.03a |
| **T2** | 3±0.02c | 4±0.03b | 4±0.03b | 4±0.01b |
| **T3** | 2±0.02d | 4±0.03b | 3±0.01c | 3±0.02c |
| **T4** | 1±0.02e | 3±0.01c | 3±0.01c | 2±0.02d |

In each column, means with at least one common letter have no significant difference at 1% level
C=control; T1= 20% oil lose + 0.5% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T2= 40% oil lose + 0.75% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T3=60% oil lose + 1% chia mucilage powder (based on the weight of flour); T4= 80% oil lose + 1.25% chia mucilage powder (based on the weight of flour)

**۳-٦-۱- ارزیابی نتایج آزمون رنگ نمونه‌های کیک**

طبق جدول ۹، نمونه شاهد (C) از بیشترین امتیاز حسی رنگ اما نمونه $T_4$ از کمترین امتیاز برخوردار بودند ضمن آن که بین نمونه های حاوی موسیلاژ چیا و تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد($p\leq0.01$). به عبارتی افزودن موسیلاژ دانه چیا در سطوح مختلف موجب کاهش امتیاز حسی رنگ نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت نتیجه حاصل را می‌توان به شدت واکنش مایلارد نسبت داد. اگرچه مغز کیک تحت تاثیر واکنش مایلارد نیست ولی توسط مواد اولیه در فرمول، به خصوص موسیلاژ دانه چیا، تحت تاثیر واقع شد. بورنئو و همکاران (۲۰۱۰)، نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند[٦].

**۳-٦-۲- ارزیابی نتایج آزمون طعم نمونه‌های کیک**

طبق جدول ۹، نمونه شاهد(C) از بیشترین امتیاز حسی طعم اما نمونه $T_4$ از کمترین امتیاز برخوردار بودند. ضمن آن‌که بین تمامی نمونه های حاوی موسیلاژ دانه چیا با نمونه شاهد به جز نمونه $T_1$ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p\leq0.01$). به عبارتی افزودن موسیلاژ دانه چیا در سطوح مختلف موجب کاهش امتیاز حسی طعم نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت نتیجه حاصل را می‌توان به نقش موثر چربی نسبت داد. لذا با حذف آن، کاهش معنی‌داری در طعم نمونه‌ها مشاهده گردید. دامن افشان و همکاران (۱۳۹۱)، نیز به بررسی تأثیر اینولین به عنوان جایگزین چربی کیک پرداختند و نشان دادند که با افزایش میزان جایگزینی اینولین، امتیاز حسی طعم نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد[۱۰].

**۳-٦-۳- ارزیابی نتایج آزمون بافت نمونه‌های کیک**

با توجه به جدول مقایسه میانگین ۹، نمونه شاهد(C) از بیشترین امتیاز حسی بافت از لحاظ قابلیت جویدن اما نمونه $T_4$ از کمترین امتیاز برخوردار بودند. ضمن آن که بین نمونه شاهد و سایر نمونه‌های حاوی موسیلاژ دانه چیا به جز نمونه $T_1$ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p\leq0.01$). به عبارتی افزودن موسیلاژ دانه چیا در سطوح مختلف موجب کاهش امتیاز حسی بافت نمونه ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. علت نتیجه حاصل را می‌توان به نقش موثر چربی در بهبود بافت محصول نسبت داد. لذا با حذف آن، کاهش معنی‌داری در طعم نمونه ها مشاهده گردید. دامن افشان و همکاران (۱۳۹۱)، نیز به بررسی تأثیر اینولین به عنوان جایگزین چربی کیک پرداختند و نشان دادند که با افزایش میزان جایگزینی اینولین، امتیاز حسی بافت نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد[۱۰].

**۳-٦-٤- ارزیابی نتایج آزمون پذیرش کلی نمونه‌های کیک**

طبق جدول ۹، افزودن موسیلاژ دانه چیا موجب کاهش امتیاز پذیرش کلی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد گردید. به طوری که نمونه شاهد(C) دارای بیشترین امتیاز پذیرش کلی اما نمونه $T_4$ دارای کمترین امتیاز بودند. ضمن آن که بین دو تیمار مذکور، اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید($p\leq0.01$). البته این کاهش امتیاز، در نمونه $T_1$ نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. با توجه به تاثیر معنی‌دار سطوح مختلف جایگزینی موسیلاژ چیا بر امتیازات حسی رنگ، طعم و بافت، این نتیجه، دور از انتظار نبود. نمونه کیک تیمار شده با ۲۰ درصد جایگزین چربی ($T_1$)، در مقایسه با سایر نمونه ها، بالاترین امتیاز را از لحاظ پذیرش کلی کسب نمود. با توجه به نقش چربی در ایجاد بافت، طعم و ظاهر مطلوب محصول، با افزایش میزان جایگزین چربی تا سطح ۸۰ درصد، کاهش معنی‌داری در مقبولیت نمونه‌های کیک مورد نظر ایجاد گردید. بورنئو و همکاران (۲۰۱۰)، نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند[٦].

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

## ٤- نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر تاثیر سطوح مختلف موسیلاژ دانه چیا بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌های کیک روغنی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای مورد آزمون شامل سطوح مختلف صفر، ۰/۵٪، ۰/۷۵٪، ۱٪، ۱/۲۵٪ موسیلاژ دانه چیا بودند. طبق نتایج، با افزودن غلظت موسیلاژ دانه چیا در نمونه‌های کیک، میزان رطوبت، حجم مخصوص و بیاتی، افزایش اما میزان چربی، ویسکوزیته، دانسیته خمیر و شاخص های رنگی L* ، a* و b* نسبت به نمونه شاهد کاهش نشان داد. با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های حسی، با افزایش سطوح جایگزینی موسیلاژ دانه چیا، میزان مقبولیت نمونه‌ها کاهش یافت. در نهایت جایگزینی چربی در فرمولاسیون کیک با موسیلاژ دانه چیا تا سطح ۲۰٪ خصوصیات کاربردی و حسی محصول را حفظ نمود لذا تیمار $T_1$ ( حاوی ۰/۵ درصد موسیلاژ دانه چیا) به عنوان تیمار برتر معرفی گردید.

## ٥- منابع


[1] Anonymous. 2006. Iranian National Standard, No. 2553. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Cake, Test characteristics and methods. Third Edition.

[2] Sowmya, M., Jeyarani, T., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. Food Hydrocolloids. 23: 1827–1836.

[3] Movahhed, S., Ranjbar, S. and Ahmadi Chenarbon, H. 2014. Evaluation of chemical, staling and organoleptic properties of free – gluten cakes containing Xanthan and Carboxy Methyl Cellulose gums. Iranian Journal of Biosystem Engineering. 44(2): 173-178.

[4] Iglesias-Puig, E., and Haros, M. 2013 Evaluation of performance of dough and bread incorporating Chia (*Salvia hispanica* L.). European Food Research and Technology. 237: 1-10.

[5] Marineli, R. S., Moraes, E. A., Lenquiste,S. A., Godoy, A. T., Eberlin , M. N. and Marostica, M. R. 2014. Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean Chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L). Food Science and Technology. 59: 1304 - 1310.

[6] Borneo, R., Aguirre, A. and Leon, A. E. 2010 .Chia (*Salvia hispanica* L.) gel can be used as egg or oil replacer in cake formulations. Journal of the American Dietetic Association. 110(6): 946-949.

[7] Lxtaina, V. Y., Martinez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W. K., Nolasco, S. M. and Tomas, M. C. 2011. Characterization of Chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. Journal of Food Composition and Analysis. 24: 166-174.

[8] Suri, S., Passi, S. J. and Goyat, J. 2016. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) a new age functional food. 4th International conference on recent innovation in science engineering and management, India international centre, new dehli, 752-756.

[9] Costantini, L., Luksic, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L. and Merendino, N. 2014. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. Food Chemistry. 165: 1-36.

[10] Damanafshan, P., Salehifar, M., Ghiassi Tarzi, B. and Bakhoda, H. 2012. Investigating the effect of fat alternatives with inulin on the physical and rheological characteristics of dough and cake. Journal of Innovation in Food Science and Technology. 5(1): 1-6. (In Farsi).

[11] Dehkhoda, M., Khodaiyan, F. and Movahhed, S. 2015. Effect of isomalt and maltitol on quality and sensory properties of sponge cake. Iranian Journal of Biosystem Engineering. 46(2): 147-155.

[12] Luna Pizarro, P., Almeida, E. L., Samman, N. C. and Chang, Y. K. 2013. Evaluation of whole chia (*Salvia hispanica* L.) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake. Food Science and Technology. 1-7.

[13] Moreira, R., Chenlo, F. and Torres, M. D. T. 2013. Effect of Chia (*Salvia hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. LWT-Food Science and Technology. 50: 160-166.

[14] Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K. and Steel, C. J. 2015. Use of Chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to


[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

reduce fat in pound cakes. Food Science and Technology. 1-7.
[15] Damanafshan, P., Salehifar, M., Ghiassi Tarzi, B. and Bakhoda, H. 2014. Effect of inulin on the qualitative characteristics of cake. Journal of Food Science and Technology. 46(12): 1-8. (In Farsi).
[16] Anonymous. 2003. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
[17] Anonymous. 1995. Iranian National Standard, No. 2705. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, moisture measurement in cereal and cereal products.
[18] Naghipour, F., Mazaheri Tehrani, M., Sahraiyan, B., Sheikholeslami, Z. and Soleimani, M. 2013. Replacing eggs with soy flour and mixing with wheat flour with wheat germ for oil cake production**.** Nutrition Sciences and Food Technology. 8(2): 211-220.
[19] Ayoubi, A., Habibi Najafi, M. B. and Karimi, M. 2009. 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).
[20] Anonymous. 1999. Apporoved metods of AACC, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
[21] Morris, C. and Morris, G. A. 2012. The effect of Inulin and fructo oligosaccharide supple mentation on textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. Food Chemistry. 133(2): 237-248.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]

# Effect of fat replacement with Chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage on rheological, physico-chemical and sensory characteristics of oil cake

**Chahardoli, M. [1], Asadollahi, S. [2*], Khorshidpour, B. [3]**

1. M.Sc Student, Department of Food Science, Varamin – Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science, Varamin – Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
3. Faculty member, Department of Food Science, Varamin – Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

**(Received: 2017/12/10 Accepted:2018/06/18)**

Among the baking products, breads and cakes are the highest-consuming products but long-term use of them will lead to obesity and health problems. Therefore, in this research the possibility of using different levels of Chia seed (*Salvia hispanica* L.) mucilage (zero, 0.5%, 0.75%, 1%, 1.25%) were studied as a fat replacement on rheological properties of dough (viscosity and density), physico-chemical (moisture, fat, ash, protein, calorie, specific volume and colorimetric), staling and sensory properties (color, taste, texture and general acceptance) of oil cake samples. A completely randomized design was used to analyze experimental data and means were compared by Duncan's multiple range test ($\alpha = 1\%$). According to the results, by adding Chia seed mucilage concentration, moisture content, viscosity, specific volume and staling of cake samples were increased but the amount of fat, density of dough and color indices (L*, a* and b*) were decreased in comparison to the control sample. Also in evaluating the sensory properties, by increasing the level of chia seed mucilage replacement, the acceptability of the samples decreased. Based on the results, fat replacement in the formulation of cake with Chia seed mucilage up to 20% (containing 0.5% Chia mucilage) retained the functional and sensory properties of the product, so this treatment introduced as the superior treatment.

**Keywords:** Chia; Fat replacement, Oil cake, Physico-chemical properties, Sensory properties.

* Corresponding Author's E-mail Address: asadollahi@iauvaramin.ac.ir



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-25 ]