



## استفاده از کنسانتره پروتئین سویا و کربوکسی متیل سلولز به عنوان جایگزین چربی در تولید کیک بژی برساق

زهرا رستمی<sup>۱</sup>، یحیی مقصودلو<sup>۲\*</sup>، مهران اعلمی<sup>۳</sup>، محمد قربانی<sup>۳</sup>، صدیقه توسلی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲-استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۴-دانشجوی دکتری فناوری مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

### چکیده

### اطلاعات مقاله

کیک بژی برساق، نوعی کیک سنتی در شهرهای ایلام، کرمانشاه، کردستان و لرستان است که از آرد گندم، روغن مایع، شکر، تخم مرغ، شیر نیم چرب، گلاب و افزودنی‌های پودری (زیره، رازیانه، بیکنگ پودر، زردچوبه) تشکیل شده است. هدف از انجام پژوهش حاضر تولید کیک کم چرب بژی برساق از طریق جایگزینی جزء چربی فرمولاسیون با کنسانتره پروتئینی سویا<sup>۱</sup> در مقدار بهینه (۳ درصد) و کربوکسی متیل سلولز<sup>۲</sup> در محدوده (۰/۳، ۰/۷، ۱ درصد) می‌باشد. اثرات جایگزینی چربی با آزمون‌های فیزیکوشیمیایی خمیر و کیک و همچنین ارزیابی حسی نمونه‌های کیک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی رئولوژیکی خمیر کیک، نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار میزان ویسکوزیته و قوام خمیر با افزایش سطح جایگزین‌های چربی در فرمولاسیون آن است. با افزایش درصد کربوکسی متیل سلولز در سطح ثابت کنسانتره پروتئینی، محتوای رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل و همچنین شاخص روشنایی (L\*) نمونه‌های کیک افزایش ولی میزان چربی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. افزایش مقدار کربوکسی متیل سلولز در سطح ثابت کنسانتره پروتئین سویا (۳ درصد) به‌عنوان جایگزین چربی سبب افزایش مقدار سفتی، انسجام و فنریت نمونه‌های مورد بررسی شد؛ درحالی‌که افزایش فنریت بین نمونه‌های کم چرب معنی‌دار نبود. نتایج آنالیز حسی نمونه‌های کیک نشان داد که نمونه حاوی ۳٪ SPC و ۰/۷٪ CMC در سطح جایگزینی ۵۰٪ از نظر پذیرش کلی به‌عنوان بهترین نمونه از نظر ارزیاب‌های حسی بود.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹ / ۱۱ / ۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰ / ۰۳ / ۰۱

کلمات کلیدی:

کیک بژی برساق،

جایگزین چربی،

کنسانتره پروتئین سویا،

کربوکسی متیل سلولز،

ارزیابی حسی.

DOI: 10.52547/fsct.18.116.259

\* مسئول مکاتبات:

y.maghsoudlou@gau.ac.ir

1. Soy protein concentrate (SPC)  
2. Carboxymethyl cellulose (CMC)

## ۱- مقدمه

بژی برساق<sup>۳</sup> (بژی، برساق، ورساق، بسراق) کیک سستی با قدمت ۱۵۰ ساله بوده و از زمان ناصرالدین شاه در ایلام، کرمانشاه، کردستان، لرستان تولید می‌شود. مواد تشکیل‌دهنده این کیک شامل آرد گندم، روغن، شکر، گلاب و افزودنی‌های پودری (زیره، رازیانه، بیکنینگ پودر، زردچوبه) می‌باشد. در بین مواد اولیه، چربی به دلیل مشارکت در حفظ تازگی، ایجاد بافت و سایر ویژگی‌های حسی مانند عطر و طعم از جایگاه ویژه تکنولوژیکی در فرمولاسیون انواع کیک برخوردار بوده و ۲۴ درصد از فرمولاسیون کیک‌های سستی را به خود اختصاص می‌دهد. خمیر کیک یک امولسیون روغن در آب است که در آن حباب‌های هوا در فاز روغن به دام افتاده‌اند. در این حالت چربی با فراهم ساختن امکان محبوس نگه‌داشتن هوا در مرحله مخلوط کردن مواد اولیه، در ایجاد بافت متخلخل، عطر، طعم و احساس دهانی مطلوب در کیک نقش بسزایی ایفا می‌کند [۱ و ۲]. چربی با ایجاد اثر شورتینینگ، توسعه شبکه گلوتنی را محدود و در نتیجه در ایجاد بافت اسفنجی محصول نهایی نقش دارد. هم‌چنین با حفظ تازگی و به تأخیر انداختن ژلاتینه شدن نشاسته موجب افزایش ماندگاری محصول می‌شود [۳]. نقش چربی در فرمولاسیون محصولات غذایی از جمله کیک‌ها به لحاظ تغذیه‌ای نیز قابل توجه می‌باشد. مصرف بالای چربی به‌ویژه چربی‌های با درصد بالای اشباعیت احتمال ابتلا به بیماری‌های قلبی، تعدادی از سرطان‌ها و چاقی را افزایش می‌دهد [۴]. به همین دلیل دیدگاهی منفی در جامعه نسبت به مصرف محصولات با درصد بالای چربی وجود دارد که این دیدگاه با تأثیر بر میزان پذیرش محصول می‌تواند به لحاظ اقتصادی نیز حائز اهمیت باشد [۵]. از این رو رژیم‌های غذایی در سراسر جهان به دنبال کاهش و یا حذف کامل چربی‌ها از فرمولاسیون محصولات غذایی به‌ویژه محصولات شیرینی و تولید محصولات کم‌چرب یا بدون چربی هستند [۶]. حذف یا جایگزینی قسمتی از چربی تأثیرات نامطلوبی بر طعم، بافت و حجم فرآورده‌های نانوائی دارد [۷ و ۸]. زیرا چربی موجود در خمیر عملکردهای مهمی از جمله بهبود کیفیت بافت (ثبات و شکل) و ویژگی‌های حسی را بر عهده

3. Beji Barsaq

دارد [۹]. به همین دلیل، کاهش چربی در مواد غذایی ممکن است، با کاهش پایداری حباب‌های هوا، موجب کاهش حجم کیک‌های اسفنجی و ایجاد بافت سخت‌تر و هم‌چنین از بین رفتن ویژگی‌های حسی مطلوب شود [۳ و ۴]. به‌منظور حذف اثرات منفی کاهش یا حذف چربی روش‌های مختلفی از جمله استفاده از جایگزین‌های چربی در فرمولاسیون برای تولید محصولات کم‌چرب با ویژگی‌های مشابه با نمونه‌های پرچرب صورت گرفته است. به‌عنوان مثال، شیخیان و همکاران (۱۳۹۲) از کربوکسی متیل سلولز (CMC) به‌عنوان جایگزین چربی در سطوح مختلف (۱۰۰-۰ درصد) برای تولید کیک اسفنجی استفاده کردند. در اوایل دوره نگهداری نمونه‌های دارای CMC تا سطح ۷۵ درصد، از نظر سختی، فنریت و چسبندگی اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد با نمونه شاهد نشان ندادند. در انتهای دوره نگهداری (روز سی‌ام) نیز تنها نمونه با ۱۰۰ درصد جایگزینی از نظر کلیه ویژگی‌های ذکر شده تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نشان داد [۱۰]. در پژوهشی دیگر، لورا و همکاران (۲۰۱۴) اثر هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و اینولین را به‌عنوان دو جایگزین چربی بر پایه پلی‌ساکارید در فرمولاسیون بیسکوئیت به‌منظور جایگزینی ۱۵ و ۳۰ درصد روغن مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج این پژوهشگران مشخص گردید که تنها جایگزینی ۱۵ درصد از روغن موجود در فرمولاسیون قادر به ارائه محصولی قابل‌پذیرش از نظر ارزیابان حسی بود. این در حالی است که اضافه نمودن هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و اینولین به‌منظور جایگزینی ۳۰٪ از روغن فرمولاسیون، محصولی با سختی بیش از انتظار برای این فرآورده ایجاد نمود؛ به‌طوری‌که نمونه تولید شده از تردی بسیار کمی برخوردار بود [۱۱]. در مطالعه‌ای دیگر، بذرافشان و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تولید کیک کم‌چرب با استفاده از پودر دانه ریحان، صمغ گوار و ایزوله پروتئین سویا پرداختند. بر اساس نتایج بدست آمده، افزایش سطح ترکیبات جایگزین موجب افزایش قوام خمیر و رطوبت محصول نهایی و کاهش فعالیت آبی گردید. نمونه حاوی ۱۰ درصد ایزوله پروتئین سویا و ۲ درصد پودر دانه ریحان، کمترین سفتی در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت، بیشترین تخلخل و حجم مخصوص را نشان داد. درحالی‌که سفتی بافت نمونه حاوی ۱۰ درصد ایزوله پروتئین سویا و

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد اولیه

مواد اولیه مورد نیاز جهت تولید کیک شامل آرد گندم با درجه استخراج بالاتر از ۷۰ درصد، پودر شکر، زردچوبه، زیره، رازیانه، تخم‌مرغ، بیکنینگ پودر، روغن مایع لادن، شیر نیم‌چرب پگاه است. آرد نول از شرکت زرین گل خریداری شده و با الک با مش ۷۰ سه بار عبور داده شد. سایر مواد مورد استفاده در تهیه کیک از فروشگاه‌های معتبر شهرستان گرگان تهیه و خریداری شد. کنسانتره پروتئینی سویا و کربوکسی متیل سلولز از شرکت هیرکانیا (ایران) تهیه گردید. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش شامل اسید کلریدریک، اسید بوریک، سدیم هیدروکسید، سولفات سدیم، سولفات مس، دی‌اکسید سلنیوم و اسید سولفوریک از شرکت مرک (آلمان) و هگزان از شرکت هیرکانیا (ایران) تهیه شد.

### ۲-۲- روش‌ها و آزمون

#### ۲-۲-۱- آماده‌سازی خمیر و کیک

مواد اولیه مورد استفاده در فرمولاسیون کیک بژی بر ساق در پژوهش حاضر شامل ۵۰ گرم آرد گندم، ۳۶ گرم تخم‌مرغ، ۳۶ گرم پودر شکر، ۲۹ گرم روغن، ۰/۵ گرم زردچوبه، ۰/۵ گرم زیره، ۱/۵ گرم رازیانه، ۱ گرم بیکنینگ پودر و ۱۵ گرم شیر بود. جهت تولید خمیر کیک از روش شکر-خمیر استفاده شد [۱۶]. برای این منظور ابتدا پودر شکر با روغن مخلوط شده و به مدت ۴ دقیقه با دور متوسط همزن (شرکت ساپور، مدل SHMB-300، چین) همزده شد؛ به طوری که کرم سفید رنگی تشکیل شد. سپس تخم‌مرغ تازه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده و به مدت ۵ دقیقه با دور بالای همزن در یک جهت همزده شد. در انتها آرد، بیکنینگ پودر، رازیانه، زیره که از قبل سه بار الک کرده و با هم مخلوط کرده بودیم، به همراه شیر به فرمولاسیون افزوده و مخلوط به آرامی با دور کم همزن به مدت ۱ دقیقه همزده شد. بعد از آماده شدن خمیر با استفاده از قالب‌های آلومینیومی از پیش آماده‌شده قالب‌گیری و به میزان ۲۰ گرم خمیر در هر قالب جای داده و فرآیند پخت به مدت ۲۵ دقیقه در فر آزمایشگاهی در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد بدون جریان هوا انجام شد. کیک‌ها پس از پخت به مدت ۲۰ دقیقه در دمای محیط خنک و سپس درون بسته‌های غیرقابل نفوذ از جنس پلی‌اتیلن با ضخامت ۰/۲ میلی‌متر بسته‌بندی

۰/۱۵ درصد صمغ گوار با سفتی نمونه حاوی ۱۰ درصد ایزوله پروتئین سویا و ۲ درصد پودر دانه ریحان در فاصله زمانی یک هفته پس از پخت مشابه بود. از سوی دیگر نتایج حاکی از افزایش مؤلفه L با افزودن صمغ دانه گوار و پودر دانه ریحان و افزایش مؤلفه a\* در حضور ایزوله پروتئین سویا و پودر دانه ریحان بود. در نهایت ارزیابان چشایی نمونه حاوی ۱۰ درصد پروتئین و ۲ درصد پودر دانه ریحان و نمونه حاوی ۱۰٪ پروتئین و ۰/۱۵٪ صمغ گوار را به عنوان نمونه‌های برتر معرفی نمودند [۱۲]. اخیراً مطالعات مشابه متعددی در زمینه استفاده از جایگزین‌های چربی بر پایه پلی‌ساکارید در کیک‌ها انجام شده است که می‌توان به کاربرد پلی‌ساکارید سوکسینیل کیتوزان در سطح ۵۰٪ و کاهش سفت شدن نمونه‌های کیک طی دوره نگهداری [۱۳] بکارگیری نشاسته اصلاح شده در سطح ۳۰٪ و اثر فزاینده آن بر قوام خمیر و بهبود حجم مخصوص، بافت و پذیرش کلی محصول نهایی [۱۴] و استفاده از اینولین در سطح جایگزینی کمتر از ۵۰٪ در فرمولاسیون کیک [۱۵] اشاره نمود. برای تولیدکنندگان و متخصصان مواد غذایی مهم است که بدانند چگونه جایگزین‌های چربی مختلف بر کیفیت حسی و فیزیکی محصولات تأثیر می‌گذارند؛ تا بتوانند محصولات جایگزین سالم‌تری را توسعه دهند. بیوپلیمرها (پروتئین یا پلی‌ساکارید) به تنهایی از مقاومت خوبی در برابر تغییرات نمک، pH، عملیات حرارتی، انجماد و رفع انجماد برخوردار نبوده و عملکرد مطلوبی ارائه نمی‌دهند. لذا از آنجا که جایگزین چربی ایده‌آلی وجود ندارد، رویکرد سیستمی برای فرمولاسیون محصولات کم‌چرب یا با چربی کاهش‌یافته پیشنهاد می‌شود. به بیان ساده، رویکرد سیستمی از ترکیبی از ترکیبات مختلف که ممکن است در یک یا بیش از یک گروه جایگزین چربی جای داشته باشند، به منظور کاهش سطح چربی استفاده می‌کند. لذا در مطالعه حاضر، با توجه به ویژگی‌های عملکردی مناسب مانند ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی و تغلیظ‌کنندگی و همچنین اهمیت افزایش ارزش تغذیه‌ای به لحاظ تأمین محتوای پروتئینی، اسیدهای آمینه ضروری و فیبر، اثر ترکیبی کنسانتره پروتئینی سویا و کربوکسی متیل سلولز در سطوح متفاوت به عنوان جایگزین چربی بر خصوصیات تکنولوژیکی و حسی کیک سنتی بژی بر ساق بررسی شده است.

در نهایت حجم با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید  
(AACC، ۲۰۰۰، ۷۲-۱۰، [۱۸].)

$$W_{\text{Brassica napus}} = W_{\text{Total}} - W_{\text{Cake}} - W_{\text{container}}$$

$$V_{\text{Brassica napus}} = W_{\text{Brassica napus}} / \rho_{\text{Brassica napus}}$$

$$V_{\text{Cake}} = V_{\text{Container}} - V_{\text{Brassica napus}}$$

$W_{\text{Brassica napus}}$ : وزن دانه کلزا،  $V_{\text{Brassica napus}}$ : حجم دانه کلزا،  $W_{\text{Total}}$ : وزن کل،  $W_{\text{Cake}}$ : وزن کیک،  $V_{\text{Container}}$ : وزن ظرف،  $V_{\text{Cake}}$ : حجم کیک،  $V_{\text{Container}}$ : حجم ظرف،  $p$ : چگالی.

#### ۲-۲-۳-۳-۳-۲-۲-۲ ارزیابی بافت مغز کیک

ارزیابی بافت کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت و هفت روز پس از پخت صورت گرفت. بدین منظور ابتدا قطعات ۲×۲ سانتی-متر از مغز نمونه‌ها بدون پوسته تهیه شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (شرکت استیل میکروسیستم، مدل TA.XT، انگلستان) و با به‌کارگیری پروب P/36R (قطر ۳۶ میلی‌متر) به‌صورت یک‌بار فشرده‌گی به اندازه ۱/۵ سانتی‌متر (۷۵ درصد) از بافت فشرده شد. سرعت نیرو قبل، حین و بعد از آزمون ۲، ۱، ۲ میلی‌متر بر ثانیه بود. شاخص‌های مورد مطالعه شامل سفتی (برحسب نیوتن)، انسجام (بدون واحد) و قابلیت ارتجاع (میلی‌متر) می‌باشد که با استفاده از منحنی نیرو-زمان محاسبه شدند [۲۰]. جهت ارزیابی عمر نگهداری نمونه‌های کیک، این شاخص‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از تولید و ۷ روز پس از پخت اندازه‌گیری شدند.

#### ۲-۲-۳-۳-۳-۲-۲-۲ ارزیابی رنگ پوسته و مغز کیک

آنالیز رنگ نمونه‌های کیک توسط اندازه‌گیری سه شاخص  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  انجام شد. عکس‌برداری از پوسته و مغز نمونه‌ها دو ساعت پس از پخت توسط اسکنر HP (مدل SCANJET G2710، آمریکا) با وضوح ۲۰۰ نقطه در اینچ<sup>۲</sup> صورت گرفت. سپس عکس‌های تهیه‌شده با استفاده از نرم‌افزار Image J و با فعال کردن فضای رنگی Lab در بخش Plugins، رنگ پوسته و مغز کیک اندازه‌گیری شد [۲۱].

#### ۲-۲-۳-۳-۳-۲-۲-۲ ارزیابی تخلخل

به‌منظور ارزیابی تخلخل کیک از نرم‌افزار Image J به روش پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور از عکس‌های تهیه‌شده از مغز کیک به‌وسیله اسکنر HP با وضوح ۲۰۰ نقطه در اینچ<sup>۲</sup> در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفته شد. با فعال کردن قسمت ۸ بیت، نرم‌افزار Image J، تصاویر سطح خاکستری ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به

شدند. برای تهیه نمونه‌های کم‌چرب، کنسانتره پروتئینی سویا در مقدار مناسب به آرد و سایر مواد خشک افزوده شد. کربوکسی متیل سلولز نیز به شیر افزوده شده و به مدت ۴ دقیقه با دور چرخش ۲ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌وسیله همزن مغناطیسی (شرکت قطران شیمی تجهیز، مدل PIT300، ایران) همزده شد و به مخلوط خمیر اضافه گردید. بقیه مراحل طبق روش فوق انجام شد.

#### ۲-۲-۲-۲-۲-۲-۲ آزمون‌های شیمیایی

##### ۲-۲-۲-۲-۲-۲-۲-۲ آزمون‌های شیمیایی آرد

آزمون‌های شیمیایی آرد شامل اندازه‌گیری چربی، خاکستر، رطوبت و پروتئین طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۳ صورت گرفت [۱۷].

##### ۲-۲-۲-۲-۲-۲-۲-۲ آزمون‌های شیمیایی کیک

آزمون‌های شیمیایی انجام شده بر روی کیک تولیدی شامل اندازه‌گیری رطوبت (طبق استاندارد بین‌المللی AACC شماره ۱۶-۴۴)، پروتئین (طبق استاندارد بین‌المللی AACC شماره ۱۲-۴۶)، چربی (طبق استاندارد بین‌المللی AACC شماره ۱۰-۳۰) بودند [۱۸]. طبق استاندارد فاکتور پروتئین برای محصولات بر پایه آرد گندم ۶/۲۵ بیان شد.

##### ۲-۲-۲-۳-۲-۲-۲-۲ اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی

##### ۲-۲-۲-۳-۲-۲-۲-۲-۲ تعیین قوام و شاخص ویسکوزیته خمیر

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته و قوام خمیر، ۱۰۰ میلی‌لیتر از خمیر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد درون استوانه مدرج گذاشته و از اکستروژن پسر<sup>۲</sup>، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (شرکت استیل میکروسیستم، مدل TA.XT plus، ساخت کشور انگلستان) استفاده شد. برای انجام این آزمون از پروب A/B-d35 (قطر ۳۵ میلی‌متر) استفاده گردید. سرعت قبل، حین و پس از آزمون به‌ترتیب ۱ میلی‌متر بر ثانیه، ۱ میلی‌متر بر ثانیه و ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم شد [۱۹].

##### ۲-۲-۲-۳-۲-۲-۲-۲ تعیین حجم کیک

برای اندازه‌گیری حجم کیک از روش جابه‌جایی دانه کلزا استفاده شد. در این روش ابتدا دانسیته توده‌ای کلزا با استفاده از وزن و حجم مشخصی از دانه‌ها محاسبه شد. سپس نمونه‌های کامل کیک به همراه دانه کلزا با هم داخل ظرفی با ابعاد مشخص قرار داده و توزین شد.

روش هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت [۲۳].

### ۳- تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز واریانس اثر بکارگیری سطوح مختلف کنسانتره پروتئینی سویا و هم‌چنین ترکیب سطح بهینه کنسانتره پروتئینی سویا با سطوح مختلف کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی‌های کیک تولیدی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. هر آزمون حداقل در سه تکرار انجام و میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد با آزمون LSD مقایسه گردید. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

لازم به ذکر است، پس از انتخاب درصد بهینه کنسانتره پروتئینی سویا براساس نتایج آنالیز واریانس داده‌های بدست آمده، طراحی تیمارهای مورد بررسی جهت انتخاب سطح بهینه کربوکسی متیل سلولز و جایگزینی چربی در جدول مشاهده می‌شود.

تصاویر دودویی، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به‌عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد می‌شود. بدیهی است که هر چقدر این نسبت بیشتر باشد، بدین معناست که میزان حفرات موجود در بافت کیک (میزان تخلخل) بیشتر است. در نهایت با فعال کردن قسمت آنالیز نرم‌افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۲۲].

### ۲-۲-۴- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های کیک آماده‌شده توسط ۱۲ نفر از افراد نیمه آموزش‌دیده آشنا با روش‌های ارزیابی حسی (شامل ۱۲ زن در سنین ۲۴-۳۸ سال و ۱۰ مرد در سنین ۲۶-۶۰ سال) انجام شد. نمونه‌های پخته‌شده پس از ۲ ساعت در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. ویژگی‌های مورد بررسی شامل رنگ، بافت، عطر و طعم، ظاهر نمونه و پذیرش کلی با استفاده از

**Table 1** Oil replacement percentage and SPC and CMC level of cake sample formulations (similar letters indicate no significant difference)

Sample	Replacement percentage	Equivalent weight (g)	Percent CMC	Equivalent weight (g)	SPC percentage	Oil (g)
T1	0	0	0	0	0	29
T2	25	0	0	1/5	3	21/75
T3	25	0/15	0/3	1/5	3	21/75
T4	50	0/35	0/7	1/5	3	14/50
T5	75	0/50	1	1/5	3	7/25

از افزودن کربوکسی متیل سلولز در بخش دوم پژوهش، رفع مشکلات ناشی از افزودن پروتئین و رسیدن به فرمولاسیون بهتر در جهت حذف بیشتر چربی با حداقل تأثیر منفی قابل حس بر ویژگی‌های تکنولوژیکی و حسی محصول نهایی بود.

### ۴-۱- آنالیز شیمیایی آرد و کنسانتره پروتئینی

#### سویا

نتایج مربوط به محتوای رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی آرد و کنسانتره پروتئینی سویا در جدول ۲ مشاهده می‌شود.

### ۴- نتایج و بحث

در پژوهش حاضر، اثر جایگزینی چربی با کنسانتره پروتئینی سویا و کربوکسی متیل سلولز در دو بخش بررسی شد. در بخش اول تیمار بهینه کنسانتره پروتئینی سویا بر اساس ارزیابی‌های فیزیکی و حسی در طرح کاملاً تصادفی انتخاب و در مرحله بعد فرمولاسیون بهینه حاوی درصد بهینه کنسانتره پروتئینی سویا در ترکیب با درصدهای مختلف کربوکسی متیل سلولز بر اساس نتایج آزمون‌های انجام شده انتخاب شد. هدف

**Table 2** Chemical composition of flour and soy protein concentrate (SPC) samples (based on dry weight)

Sample	Fat (%)	Ash (%)	Moisture (%)	Protein (%)
Soy protein concentrate	0/004±0/003	3/086±0/059	9/653±0/030	68/500±0/003
Wheat flour	0/016±0/004	0/333±0/005	13/446±0/008	11/260±0/097

رطوبت (رطوبت ۱۴/۲ (درصد وزنی))، پروتئین (۷-۱۰ (درصد وزنی بر مبنای ماده خشک)) مطابق با استاندارد ملی

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده آرد گندم شامل خاکستر (۰/۵۰۰-۰/۳۸۰ (درصد وزنی بر مبنای ماده خشک))،

## ۴-۲- انتخاب سطح بهینه کنسانتره پروتئینی سویا

درصد جایگزینی روغن و سطح کنسانتره پروتئین سویا به عنوان جایگزین روغن در فرمولاسیون نمونه‌های کیک بژی بر ساق در جدول زیر (۳) مشاهده می‌شود.

ایران (به شماره ۱۰۳) و در محدوده مشخص شده می‌باشد [۱۷] و همچنین وانگ و همکاران (۲۰۰۸) نیز ۶۸/۲۸ درصد پروتئین، ۱۶/۱۷ درصد کربوهیدرات، ۳/۴ درصد چربی و ۴/۳۹ درصد خاکستر را برای کنسانتره پروتئینی سویا گزارش کردند [۲۴].

**Table 3** Percentage of oil and protein concentrate level of cake sample formulations

Sample code	Fat replacement percentage	Weight equivalent of soy protein concentrate (g)	Percentage of soy protein concentrate added	Oil (g)
101	25	1/5	3	21/75
102	50	1/5	3	14/50
103	75	1/5	3	7/25
201	25	3/5	7	21/75
202	50	3/5	7	14/50
203	75	3/5	7	7/25
301	25	5	10	21/75
302	50	5	10	14/50
303	75	5	10	7/25

پروتئین سویا در سطح جایگزینی ۷۵٪ دارای کمترین امتیاز حسی بودند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش سطح کنسانتره پروتئین سویا و جایگزینی چربی امتیازات حسی نمونه‌های کیک کاهش یافت. طبق نظر ارزیابان حسی نمونه‌های حاوی ۱۰٪ پروتئین سویا دارای طعم تلخ بودند. نتایج مشابهی توسط مجذوبی و همکاران (۲۰۱۳) با جایگزینی ایزوله پروتئینی سویا در فرمولاسیون کیک اسفنجی کم‌چرب گزارش شد [۲].

مقدار معادل وزنی هر یک از ترکیبات به ازای ۵۰ گرم آرد مصرفی محاسبه شد.

## ۴-۲-۱- ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های کیک توسط ۲۲ ارزیاب آموزش‌دیده در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه حاوی ۳٪ پروتئین سویا و در سطح جایگزینی ۲۵٪ از نظر ویژگی‌های حسی (رنگ، طعم، بو، بافت و پذیرش کلی) دارای بالاترین امتیاز و نمونه حاوی ۱۰٪

**Table 4** Effect of fat replacement with soy protein concentrate on the sensory properties of cakes 24 hours after baking (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$

Sample	Texture	Flavor	Taste	Color	General acceptance
101	4/599±0/321 <sup>a</sup>	4/311±0/011 <sup>a</sup>	4/443±0/059 <sup>a</sup>	4/731±0/0243 <sup>a</sup>	4/626±0/116 <sup>a</sup>
102	3/844±0/211 <sup>b</sup>	4/242±0/0265 <sup>a</sup>	3/889±0/023 <sup>a</sup>	4/091±0/077 <sup>c</sup>	4/025±0/113 <sup>b</sup>
103	3/577±0/027 <sup>cd</sup>	3/656±0/062 <sup>c</sup>	3/431±0/022 <sup>de</sup>	3/759±0/056 <sup>d</sup>	3/519±0/068 <sup>d</sup>
201	3/836±0/068 <sup>b</sup>	3/834±0/129 <sup>b</sup>	3/951±0/075 <sup>b</sup>	4/544±0/002 <sup>b</sup>	3/977±0/068 <sup>b</sup>
202	3/865±0/003 <sup>b</sup>	3/684±0/081 <sup>c</sup>	3/484±0/210 <sup>cd</sup>	3/804±0/101 <sup>d</sup>	3/766±0/091 <sup>c</sup>
203	3/419±0/127 <sup>d</sup>	3/590±0/0003 <sup>c</sup>	3/203±0/100 <sup>ef</sup>	3/711±0/023 <sup>d</sup>	3/325±0/124 <sup>e</sup>
301	3/717±0/016 <sup>bc</sup>	3/904±0/007 <sup>b</sup>	3/713±0/024 <sup>bc</sup>	4/090±0/004 <sup>c</sup>	3/655±0/032 <sup>cd</sup>
302	2/859±0/091 <sup>e</sup>	3/437±0/071 <sup>d</sup>	3/116±0/068 <sup>f</sup>	3/468±0/026 <sup>e</sup>	3/117±0/113 <sup>f</sup>
303	2/360±0/091 <sup>f</sup>	3/230±0/045 <sup>e</sup>	2/706±0/142 <sup>g</sup>	3/177±0/046 <sup>f</sup>	2/319±0/090 <sup>g</sup>

افزایش یافت. اگرچه اختلاف مقادیر سختی اندازه‌گیری شده بین تیمارهای حاوی ۱۰ و ۵ درصد کنسانتره پروتئینی سویا (در تمام سطوح جایگزینی) و با نمونه حاوی ۳ درصد کنسانتره در بیشترین سطح جایگزینی چربی معنی‌دار نبود. نمونه ۱۰۱ (دارای ۳٪ کنسانتره پروتئین سویا و ۲۱/۷۵ گرم

## ۴-۲-۲- ارزیابی بافت

با توجه به شکل ۱، مشاهده می‌شود که سختی یا سفتی بافت نمونه‌های کیک بژی بر ساق با افزایش سطح کنسانتره پروتئینی سویا و کاهش میزان روغن از ۷۴/۳۵۸ به ۱۴۵/۱۷۶ نیوتن

در فرمولاسیون کیک اسفنجی، نتایج مشابهی را بیان نمودند؛ به طوری که با افزایش سطح پروتئین قوام خمیر، سختی، حجم و ارتفاع نمونه‌های کیک افزایش، در حالی که فزیت، انسجام و احساس جوندگی آن‌ها کاهش یافت [۲].

طبق نتایج ارزیابی حسی و ارزیابی بافت نمونه‌های کیک، تیمار شامل ۳٪ کنسانتره پروتئینی سویا برای ترکیب با سطوح مختلف کربوکسی متیل سلولز در مرحله بعد انتخاب شد.

#### ۴-۳- انتخاب سطح بهینه کربوکسی متیل

##### سلولز

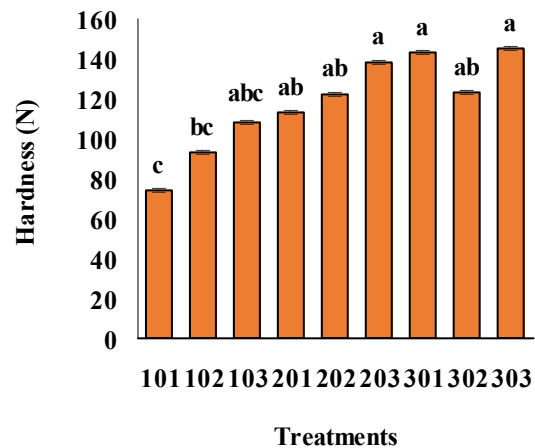
تیمارهای مورد بررسی جهت انتخاب سطح بهینه کربوکسی متیل سلولز و جایگزینی چربی در جدول ۱-۳ در بخش موارد و روش‌ها اشاره شده است.

#### ۴-۳-۱- ارزیابی قوام و شاخص ویسکوزیته خمیر

نتایج مربوط به اندازه‌گیری قوام و اندیس ویسکوزیته نمونه‌های خمیر در جدول ۵-۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزودن صمغ کربوکسی متیل سلولز و کاهش مقدار روغن، قوام و اندیس ویسکوزیته خمیر افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). افزایش قوام خمیر متناسب با درصد افزایش کربوکسی متیل سلولز را می‌توان به افزایش قابلیت اتصال به آب و کاهش سطح آب آزاد در خمیر نسبت داد. همچنین برهمکنش کربوکسی متیل سلولز با کنسانتره پروتئینی سویا و گلوتن موجود در خمیر می‌تواند موجب تغییر ویژگی‌های ویسکوالاستیسیته خمیر گردد [۲۶ و ۲۷]. کاهش سطح روغن نیز با حذف اثر روان‌کنندگی روغن و افزایش نیروی اصطکاک بین ذرات موجب افزایش ویسکوزیته و قوام خمیر می‌گردد [۲۸].

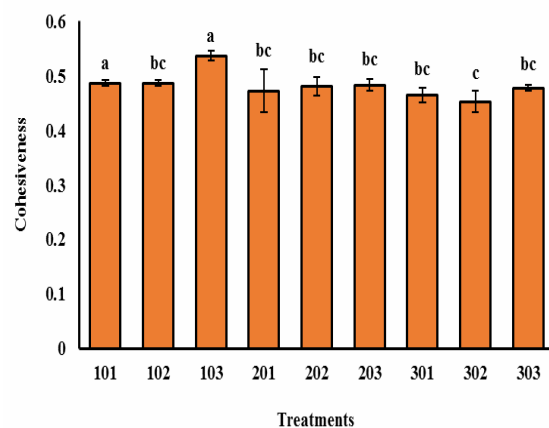
رحیمی و همکاران (۱۳۹۸) نیز با بررسی اثر صمغ بارهنگ به‌عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون کیک روغنی، به افزایش قوام خمیر اشاره کرده و دلیل آن را قابلیت امولسیفایری پروتئین موجود در صمغ (۲٪) و همچنین قابلیت تشکیل شبکه ژلی صمغ در حضور آب بیان کردند [۲۹]. ایکسیو (۲۰۰۷) با بررسی ویژگی‌های ویسکوزیته خمیر حاوی متیل سلولز و صمغ زانتان نتایج مشابهی را گزارش کردند. بر اساس نتایج آن‌ها افزودن متیل سلولز سبب افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش ویسکوزیته گردید [۳۰]. هم‌چنین افزودن ۰/۲ درصد صمغ زانتان در فرمولاسیون سبب افزایش ویسکوزیته خمیر در دمای پائین شد [۳۰ و ۳۱].

روغن) سفتی کمتری نسبت به دیگر نمونه‌ها نشان دادند ( $p < 0/05$ ). کاهش نرمی نمونه‌های کیک با افزایش سطح پروتئین را می‌توان به افزایش ظرفیت اتصال به آب (کاهش سطح آب آزاد) و افزایش برهمکنش‌های پروتئینی طی فرایند تولید خمیر و پخت آن نسبت داد [۲۵].



**Fig 1** Effect of fat replacement with soy protein concentrate on cake firmness 24 hours after baking. (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$

انسجام بافت نمونه‌های کیک با افزایش سطح پروتئینی سویا و کاهش سطح چربی از ۰/۵۰۴ به ۰/۴۷۷ کاهش یافت (شکل ۲). نمونه حاوی ۳٪ کنسانتره پروتئینی سویا با مقدار روغن ۷/۲۵ گرم، از بیشترین انسجام و نمونه حاوی ۱۰٪ کنسانتره پروتئینی با مقدار روغن ۱۴/۵ گرم، از کمترین انسجام برخوردار بودند.



**Fig 2** Effect of fat replacement with soy protein concentrate on cake cohesion 24 hours after baking. (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$

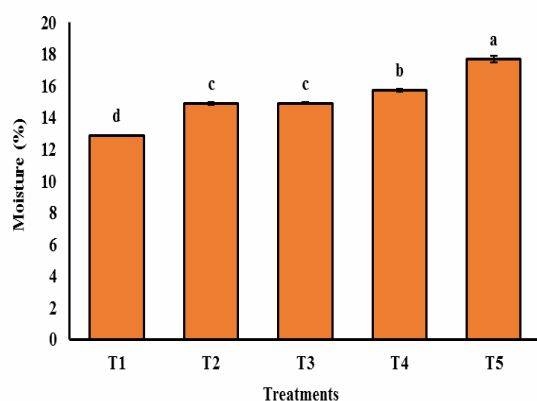
نتایج مشابهی توسط مکوآترز و همکاران (۲۰۰۳) برای افزودن ایزوله پروتئینی سویا به فرمولاسیون نمونه‌های کلوچه گزارش شد [۲۵]. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۳) نیز با جایگزینی ایزوله پروتئینی سویا در سطوح مختلف (۳-۵٪ وزنی/وزنی)



**Table 5** Effect of fat replacement with soy protein concentrate and carboxymethylcellulose on the consistency and viscosity index of dough samples immediately after production (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$ 

Sample	Consistency(g s)	Viscosity index (g s)
T1	32/157±0/599 <sup>d</sup>	-6/475±0/699 <sup>b</sup>
T2	13/522±0/442 <sup>c</sup>	-3/156±0/151 <sup>a</sup>
T3	79/821±0/978 <sup>a</sup>	-15/781±0/693 <sup>d</sup>
T4	42/586±0/496 <sup>c</sup>	-10/445±0/420 <sup>c</sup>
T5	45/302±0/063 <sup>b</sup>	-10/78±0/099 <sup>c</sup>

کریستالیزاسیون مجدد آمیلوپکتین شده و علاوه بر افزایش ماندگاری محصول، با کاهش افت وزن طی فرایند پخت به لحاظ اقتصادی نیز حائز اهمیت است [۳۴].

**Fig 3** Effect of oil replacement with soy protein concentrate and carboxymethylcellulose on cake moisture 2 hours after baking (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$ 

در مطالعه‌ای مشابه، پتویکالوپز و کریسناگولدر (۲۰۱۵)، اثر زمان نگهداری را بر نان حاوی ایزوله پروتئین لوبین<sup>۶</sup> و صمغ مطالعه کردند. نتایج ارزیابی سه نمونه شامل نمونه حاوی آرد گندم (شاهد)، نمونه حاوی ۹۰٪ آرد گندم و ۱۰٪ ایزوله پروتئین لوبین و نمونه حاوی ۹۰٪ آرد گندم و ۱۰٪ ترکیب ایزوله پروتئین لوبین و صمغ نشان‌دهنده افزایش قابل‌ملاحظه اختلاف میزان رطوبت نمونه حاوی صمغ با نمونه شاهد بود [۳۵].

#### ۴-۳-۲- تعیین مقدار پروتئین

مقادیر پروتئین نمونه‌های مختلف کیک در ۵۰ گرم آرد مصرفی، در شکل ۴ مشاهده می‌شود. همان‌طور که انتظار می‌رفت، نمونه شاهد کم‌ترین میزان پروتئین را داشته و با افزودن کنسانتره پروتئین سویا به فرمولاسیون، مقدار پروتئین نمونه‌های کیک کم‌چرب در مقایسه با شاهد به میزان قابل‌توجهی

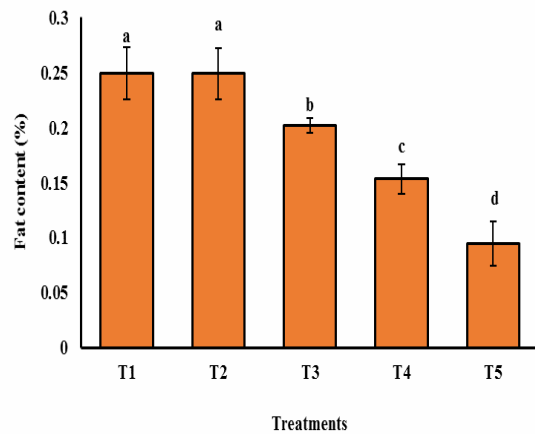
نتایج تحقیقات موریس و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان‌دهنده تأثیر افزایش میزان صمغ بکار رفته در خمیر بر افزایش قابل‌ملاحظه زمان انبساط و قوام خمیر بوده که این نتیجه به واکنش ترکیبات صمغ با شبکه پروتئینی گلوتن آرد نسبت داده شد [۳۲].

#### ۴-۳-۲- ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی نمونه‌های کیک

##### ۴-۳-۱- تعیین رطوبت

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارهای مورد استفاده بر محتوای رطوبت کیک می‌باشد. مقادیر رطوبت نمونه‌های مختلف کیک در شکل ۳ نشان داده شده است که با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ (محدوده رطوبت ۱۵-۲۰ درصد وزنی) مطابقت داشت [۳۳]. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه شاهد (T1) کمترین میزان رطوبت را داشت و جایگزینی چربی با سطوح مختلف ترکیب CMC و SPC و همچنین بهینه‌ترین سطح SPC به‌تنهایی، سبب افزایش معنی‌دار محتوای رطوبت نمونه‌های تولیدی گردید ( $p < 0/05$ ). به نظر می‌رسد، تأثیر ویژگی آب‌دوستی CMC و SPC بر قابلیت نگهداری آب بیش از اثر محافظت‌کننده روغن بوده است؛ زیرا با کاهش میزان روغن موجود در فرمولاسیون، میزان رطوبت نمونه‌های کیک کم‌چرب افزایش یافته است. حضور کنسانتره پروتئین سویا نیز با افزایش جذب و حفظ رطوبت در ماتریکس پروتئین موجب افزایش بیشتر رطوبت در نمونه‌های کیک می‌گردد [۲]. به‌طورکلی افزودن هیدروکلوئیدها به خمیر باعث افزایش جذب آب شده و میزان این افزایش به تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار هیدروکلوئید وابسته است، به‌طوری‌که با افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل در ساختار صمغ، برهمکنش‌های هیدروژنی و در نتیجه مقدار جذب آب افزایش می‌یابد. افزایش قابلیت نگهداری آب و کاهش ملکول‌های آب آزاد موجب





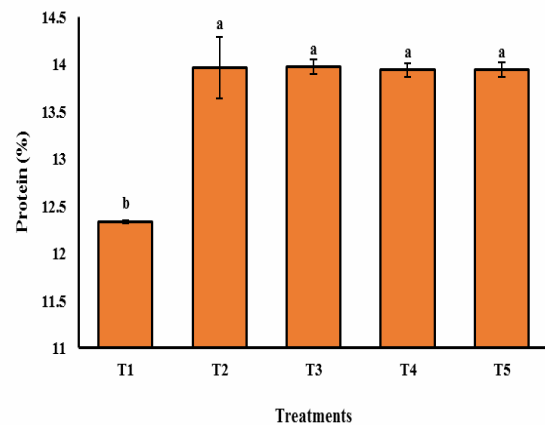
**Fig 5** Effect of fat replacement with soy protein concentrate and carboxymethylcellulose on the fat content of the cake 24 hours after baking (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$

#### ۴-۳-۲-۴- ارزیابی حجم

نتایج اندازه‌گیری حجم در نمودار ۶ نشان داده شده است. طبق نتایج به‌دست آمده، کمترین میزان حجم به نمونه T3 (حاوی ۳٪ SPC و پایین‌ترین سطح CMC، ۰/۳٪) اختصاص داشت. همان‌طور که در رابطه با اهمیت نقش چربی‌ها در فرمولاسیون محصولات نانوبی می‌دانید، چربی با کاهش هیدراته شدن ذرات نشاسته، ممانعت از توسعه شبکه گلوآنی و همچنین افزایش امکان ورود هوا حین فرایند کرم کردن نقش قابل‌توجهی در بهبود بافت و افزایش حجم بر عهده دارد [۱ و ۳۷]؛ لذا کاهش درصد چربی و افزایش برهمکنش‌های پروتئینی موجب کاهش حجم کیک‌های حاصل از تیمارهای T2 و T3 می‌گردد. کاهش بیشتر حجم در نمونه T3 می‌تواند ناشی از برهمکنش‌های SPC و CMC در ساختار محصول باشد. درحالی‌که حجم نمونه T4 با افزایش سطح CMC، اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نشان نداده و با افزایش بیشتر سطح CMC در نمونه T5، افزایش معنی‌داری در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده می‌شود.

به‌طورکلی افزودن ترکیبات ایجادکننده شبکه ژلی صمغ‌ها در سطح مناسب با افزایش قابلیت جذب آب و افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته بر افزایش رشد حباب‌های هوا حین فرایند پخت و همچنین استحکام دیواره سلول‌های گازی مؤثر بوده، به‌گونه‌ای که می‌تواند ضعف ناشی از کاهش چربی و یا افزایش برهمکنش‌های پروتئینی را پوشش دهد [۳۸]. از سوی دیگر حضور هیدروکلوئیدها و یا پروتئین‌ها در فرمولاسیون می‌توانند با تأثیر بر ویسکوزیته و قوام خمیر بر حجم محصول

افزایش یافت و تفاوتی بین تیمارها با هم مشاهده نشد ( $p < 0/05$ ). مقادیر پروتئین بدست آمده در مطالعه حاضر، مطابق با استاندارد ملی ایران به‌شماره ۲۵۵۳ بوده است [۳۳]. افزودن کنسانتره پروتئینی سویا علاوه بر افزایش ارزش تغذیه‌ای محصول، در نتیجه برهمکنش‌های بین‌مولکولی و تعامل با پروتئین گلوآن بر خواص رئولوژیکی خمیر و در نتیجه بافت و حجم محصول نهایی مؤثر می‌باشد [۲]. نتایج این آزمایش با نتایج مجذوبی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت [۲].

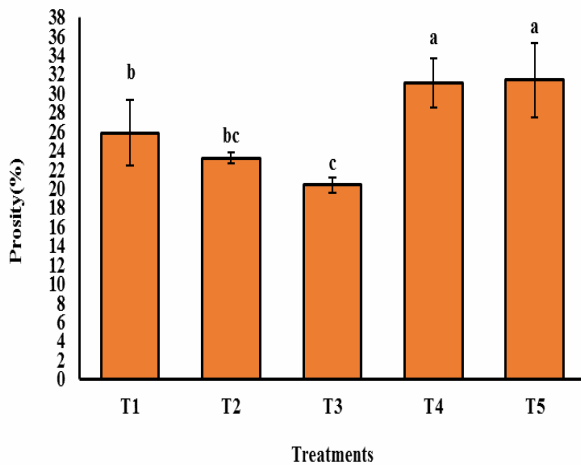


**Fig 4** Effect of oil replacement with soy protein concentrate and carboxymethylcellulose on the amount of cake protein 24 hours after baking (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$

#### ۴-۳-۲-۳- تعیین مقدار چربی

نتایج اندازه‌گیری چربی نمونه‌های کیک در نمودار ۵ نشان داده شده است. کاهش درصد چربی با حذف بخشی از روغن از فرمولاسیون و جایگزینی آن با SPC و CMC در مقایسه با تیمار شاهد به‌وضوح مشاهده می‌شود. مقادیر چربی در نمونه T1 و T2 مطابق با استاندارد ملی ایران به‌شماره ۲۵۵۳ بوده است [۳۳]. کاهش سطح چربی و در مقابل افزایش سطح پروتئین‌های حاوی اسیدهای آمینه ضروری (لیزین) و هیدروکلوئید به لحاظ تغذیه‌ای بسیار حائز اهمیت است. نتایج آزمایش‌ها با نتایج ویتالی و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشت. آن‌ها تأثیر انواعی از فیبرهای غذایی از قبیل آرد سویا، فیبر سیب و اینولین را بر میزان چربی و کالری بیسکوئیت مورد بررسی قرار دادند که در پژوهش آن‌ها میزان چربی و کالری در نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. افزایش میزان صمغ منجر به کاهش میزان چربی در نمونه‌های کیک شد [۳۶].

خود بر افزایش میزان تخلخل تأثیر چشمگیری دارد [۴۱]. اسکارینی و همکاران (۲۰۱۲)، نتایج مشابهی را در نتیجه افزودن صمغ زانتان بر اندازه و مساحت سلول‌های گازی نمونه‌های نان گزارش کردند [۴۲].

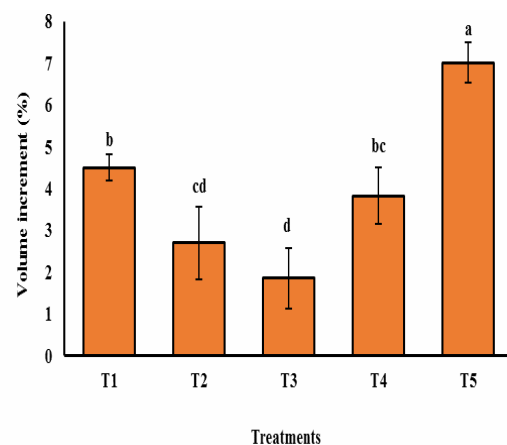


**Fig 7** The effect of fat replacement with soy protein concentrate and carboxymethylcellulose on the porosity of cake samples 2 hours after baking (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$

#### ۴-۳-۲-۶-ارزیابی بافت مغز کیک

اثرات جایگزینی چربی با SPC و CMC بر سختی، انسجام و فزیت نمونه‌های کیک ۲ ساعت و هفت روز پس از پخت در جداول ۶ و ۷ نشان داده شده است. با توجه به نتایج، با افزایش سطح CMC در فرمولاسیون تقریباً تغییر معنی‌داری در میزان فزیت و انسجام نمونه‌های کیک کم‌چرب در مقایسه با نمونه شاهد و نمونه حاوی SPC بدون CMC مشاهده نشد. کمترین میزان سفتی بین نمونه‌ها برای نمونه حاوی پایین‌ترین سطح CMC (۰/۳٪) ثبت شد که در مقایسه با نمونه شاهد نیز کمتر بود. سفتی نمونه‌های کیک با افزایش سطح CMC افزایش یافت. اگرچه این افزایش تا سطح ۰/۷٪ CMC در مقایسه با نمونه شاهد معنی‌دار نبود. افزایش میزان هیدروکلوئید با تقویت دیواره سلول‌های تشکیل‌دهنده حفرات موجود در کیک موجب افزایش مقاومت بافت کیک در برابر فشار وارده از سوی پروب می‌شود [۴۳]. ایوبی و همکاران (۱۳۸۷) به‌طور مشابه نشان دادند که افزودن هیدروکلوئیدهای گوار و زانتان به فرمولاسیون کیک روغنی سبب افزایش میزان سختی بافت کیک شد [۴۳].

نهایی اثر بگذارند. ویسکوزیته بیش از اندازه با کاهش ورود هوا به خمیر حین فرایند مخلوط کردن و ویسکوزیته پایین با افزایش سرعت خروج هوا و گاز از ساختار موجب کاهش قابل توجه حجم کیک می‌گردند؛ لذا کنترل دقیق مقدار افزودن این ترکیبات به‌منظور رسیدن به ویسکوزیته مناسب ضروری می‌باشد [۳۹]. نتایج مشابهی در رابطه با تأثیر افزودن صمغ به فرمولاسیون محصولات نانویی بر حجم توسط سایر محققین گزارش شده است [۳۸ و ۴۰].



**Fig 6** Effect of fat replacement with soy protein concentrate and carboxymethylcellulose on cake volume 2 hours after baking (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$

#### ۴-۳-۲-۵-ارزیابی تخلخل

درصد تخلخل نمونه‌های مختلف کیک در نمودار ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در ابتدا با کاهش سطح چربی در سطح ۲۵٪ و جایگزینی SPC و CMC در پایین‌ترین سطح، میزان تخلخل نمونه‌های کیک کاهش یافت اما در ادامه با افزایش سطح CMC (۰/۷ و ۱٪)، مقدار تخلخل بافت نمونه‌های کیک افزایش یافت. نتایج بدست آمده از ارزیابی میزان تخلخل با نتایج ارزیابی حجم مطابقت دارد. حضور افزودنی‌هایی مانند هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون در سطح مناسب با هدف ایجاد قوام و ویسکوزیته لازم، به طوری‌که در پخش حباب‌های هوای موجود در نمونه اختلالی ایجاد نکنند، از طریق کاهش به‌هم پیوستن سلول‌های گازی به دلیل ایجاد یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها، موجب پایداری سلول‌های گازی شده؛ بنابراین هر سلول به‌طور مجزا و جداگانه باقی مانده و اندازه آن کوچکتر است که این موضوع

**Table 6** Effect of fat replacement with soy protein concentrate and carboxymethylcellulose on the textural properties of the cake 2 hours after baking (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$ 

Sample	Hardness (N)	Springiness (mm)	Cohesiveness(Nu)
T1	76/335±2/227 <sup>b</sup>	0/862±0/019 <sup>ab</sup>	0/581±0/002 <sup>ab</sup>
T2	70/247±8/52 <sup>bc</sup>	0/868±0/001 <sup>a</sup>	0/562±0/009 <sup>a</sup>
T3	60/361±1/04 <sup>c</sup>	0/884±0/001 <sup>a</sup>	0/578±0/022 <sup>ab</sup>
T4	75/021±13/727 <sup>b</sup>	0/845±0/056 <sup>b</sup>	0/596±0/011 <sup>a</sup>
T5	106/136±2/129 <sup>a</sup>	0/872±0/001 <sup>a</sup>	0/589±0/007 <sup>a</sup>

با افزایش سفتی و کاهش فنریت نمونه‌های کیک گزارش شد. اگرچه این تفاوت در رابطه با فنریت در مقایسه با نمونه شاهد معنی‌دار نبود [۳]. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۸) نیز با بررسی اثر جایگزینی چربی و ساکارز با اینولین و ربادیوزید در فرمولاسیون کیک نشان دادند که جایگزینی هم‌زمان ساکارز و چربی موجب کاهش میزان رطوبت، حجم و هم‌چنین افزایش سفتی نمونه‌های کیک می‌شود. در واقع با کاهش مقدار ساکارز و چربی، فعل و انفعالات بین شبکه گلوتن و سایر مولکول‌های ماکرو (پروتئین‌ها و نشاسته) افزایش یافته و در نتیجه بافت سخت‌تری حاصل می‌شود. در مطالعه آن‌ها، سختی نمونه‌های کیک پس از ۳ روز افزایش و انسجام و فنریت نمونه‌ها کاهش یافت [۱۵]. هم‌چنین کاهش فنریت مشاهده شده می‌تواند به ایجاد ترکیبات جدید در ساختار و پیوندهای داخلی در بافت تغییر یافته کیک و افزایش مقاومت آن‌ها و هم‌چنین کاهش تعداد حباب‌های گاز طی دوره نگهداری نسبت داده شود که توانایی بافت را برای بازگشت به حالت اول پس از فشرده‌سازی کاهش می‌دهد [۶، ۷، ۴۴].

نتایج ارزیابی بافت نمونه‌های کیک پس از هفت روز، نشان‌دهنده افزایش میزان سفتی و کاهش میزان انسجام و فنریت در تمام نمونه‌ها است. از دست دادن رطوبت و رترورگراسیون نشاسته مهم‌ترین دلایل افزایش سفتی و کاهش انسجام کیک‌ها در طول زمان نگهداری می‌باشند [۴۴]. به‌طور کلی بیاتی یا سفت شدن بافت محصولات صنایع پخت در طول مدت‌زمان نگهداری، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی مانند رترورگراسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت، یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی و هم‌چنین برهمکنش بین مواد هیدروکلوئیدی و نشاسته در آن دخالت دارند [۲۳، ۴۵ و ۴۴]. افزایش سفتی و بیاتی نمونه‌های حاوی جایگزین‌های چربی و هم‌چنین افزایش سفتی با افزایش سطح CMC می‌تواند به دلیل برهمکنش آن‌ها با نشاسته و تسهیل فرایند رترورگراسیون آن و هم‌چنین افزایش برهمکنش بین پروتئین‌ها با سایر ماکرومولکول‌ها به دلیل کاهش چربی و حذف اثر روان‌کنندگی آن باشد. نتایج مشابهی توسط آرتوندیگا و گیوتیرز (۲۰۱۸) با جایگزینی بتاگلوکان در رابطه

**Table 7** Effect of fat replacement with soy protein concentrate and carboxymethylcellulose on the textural properties of the cake seven days after baking (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$ 

Sample	Hardness(N)	Springiness (mm)	Cohesiveness(Nu)
T1	118/554±19/646 <sup>c</sup>	0/788±0/009 <sup>bc</sup>	0/366±0/009 <sup>b</sup>
T2	163/697±32/289 <sup>a</sup>	0/795±0/004 <sup>b</sup>	0/409±0/011 <sup>a</sup>
T3	165/954±10/078 <sup>a</sup>	0/769±0/014 <sup>c</sup>	0/372±0/005 <sup>b</sup>
T4	128/607±2/442 <sup>bc</sup>	0/820±0/015 <sup>a</sup>	0/364±0/10 <sup>b</sup>
T5	154/578±9/562 <sup>ab</sup>	0/802±0/003 <sup>ab</sup>	0/372±0/023 <sup>b</sup>

همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش سطح جایگزین‌های چربی مؤلفه رنگی  $L^*$  افزایش و شاخص‌های  $a^*$  و  $b^*$  در نمونه‌های کیک کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). افزایش روشنایی

۴-۳-۲-۷- ارزیابی رنگ پوسته و مغز کیک

نتایج حاصل از تأثیر جایگزینی چربی با SPC و CMC بر پارامترهای رنگی کیک‌ها در جدول ۸ نشان داده شده است.

دارند [۴۹]. استفاده از افزودنی‌هایی چون پروتئین‌ها (SPC) و به‌ویژه صمغ‌ها (CMC) به فرمولاسیون با افزایش ظرفیت نگهداری آب و در نتیجه رطوبت محصول نقش مؤثری در کاهش افت رطوبت حین فرایند پخت و ناهماهنگی‌های سطح پوسته داشته، در نتیجه می‌تواند در افزایش روشنایی محصول نهایی نقش داشته باشد [۵۰]. نتایج مشابهی از جایگزینی صمغ زانتان، گوار و بتاگلوکان در کیک روغنی بدون گلوتن سورگوم بر شاخص‌های رنگی پوسته آن ( $L^*$  و  $b^*$ ) گزارش شد [۵۰ و ۴۵]. در مطالعه دیگری، رحیمی و همکاران (۱۳۹۸) جایگزینی صمغ دانه بارهنگ در فرمولاسیون کیک فنجان‌ی کم‌چرب را عامل افزایش شاخص  $a^*$  و کاهش شاخص‌های  $L^*$  و  $b^*$  گزارش کردند. در مطالعه آن‌ها علت افزایش  $a^*$  کاهش سطح روغن و حذف اثر ممانعت‌کنندگی آن بر شرکت پروتئین در واکنش میلارد و رنگدانه‌های موجود در صمغ بارهنگ بیان شد. به‌علاوه به تأثیر سایر عوامل مؤثر بر رنگ مانند رطوبت و بافت نیز اشاره شد [۲۹].

رنگ و کاهش سایر پارامترهای رنگی با افزایش سطح CMC در فرمولاسیون می‌تواند به افزایش ویسکوزیته خمیر در نتیجه حضور CMC نسبت داده شود. افزایش ویسکوزیته با کاهش تحرک مواد مؤثر در واکنش میلارد، موجب کاهش وقوع آن و در نتیجه کاهش شدت رنگ نمونه‌ها می‌شود [۴۸]. به‌علاوه کاهش سطح روغن و در نتیجه رنگدانه‌های موجود در آن می‌تواند در کاهش مقدار  $b^*$  نقش داشته باشد [۴۵]. علاوه بر موارد ذکر شده، عواملی چون رطوبت، ویژگی‌های بافتی مانند تخلخل و میزان فشردگی بافت نیز می‌توانند بر نتایج ارزیابی رنگ مؤثر باشند. به‌طوری‌که با کاهش تعداد حفرات گازی در نمونه‌های با حجم کمتر و افزایش میزان سفتی و فشردگی بافت، میزان انعکاس نور از سطح محصول کاهش یافته و در نتیجه روشنایی نمونه یا همان مؤلفه  $L^*$  کاهش می‌یابد. تغییرات سطح محصول نیز می‌تواند عامل مؤثر دیگری بر نتایج ارزیابی رنگ باشد. سطوح منظم و صاف در مقایسه با سطوح نامنظم توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش  $L^*$

**Table 8** Effect of fat substitutes using carboxymethylcellulose and soy protein concentrate on color indicators 2 hours after cooking (similar letters indicate no significant difference)  $p < 0/05$

Sample	$L^*$	$a^*$	$b^*$
T1	71/804±0/519 <sup>c</sup>	8/904±0/712 <sup>a</sup>	54/031±0/939 <sup>c</sup>
T2	70/414±0/776 <sup>a</sup>	9/198±0/757 <sup>a</sup>	55/58±0/512 <sup>b</sup>
T3	78/249±0/106 <sup>ab</sup>	8/927±0/921 <sup>a</sup>	57/576±0/353 <sup>a</sup>
T4	78/481±0/799 <sup>b</sup>	5/745±0/920 <sup>b</sup>	54/648±0/059 <sup>bc</sup>
T5	79/831±0/899 <sup>a</sup>	6/037±0/671 <sup>b</sup>	52/757±0/983 <sup>d</sup>

#### ۴-۳-۲-۸- ارزیابی حسی

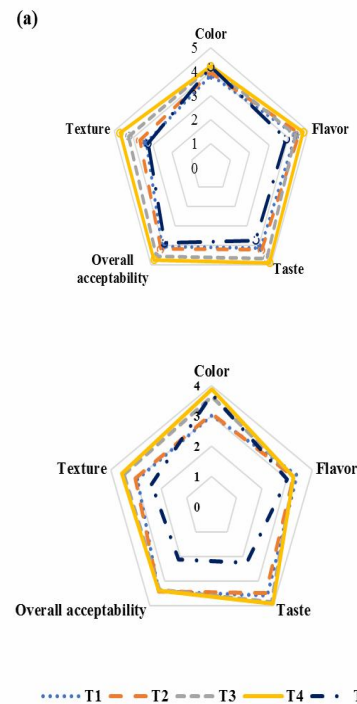
چربی اختصاص یافت. با گذشت زمان کاهش قابل توجهی در سطح امتیاز ویژگی‌های حسی برای تمام نمونه‌ها مشاهده شد. کمترین امتیاز برای اغلب ویژگی‌های حسی مربوط به نمونه حاوی ۳٪ SPC و ۱٪ CMC بود. بذرافشان (۱۳۹۳) نیز با بررسی امکان تولید کیک روغنی کم-چرب با استفاده از پودر دانه ریحان، صمغ گوار و ایزوله پروتئینی سویا، نمونه حاوی ۱۰٪ پروتئین سویا و ۲٪ پودر دانه ریحان و نمونه حاوی ۱۰٪ پروتئین سویا و ۱۵٪ صمغ گوار را به‌عنوان نمونه‌های بهینه با بیشترین امتیاز ویژگی‌های حسی و پذیرش کلی معرفی نمودند [۱۲].

ارزیابی حسی توسط مقیاس هدونیک برای تعیین میزان رضایت و ترجیح مصرف‌کننده، مقیاسی منحصر به فرد است که نتایج معتبر و قابل اطمینانی را ارائه می‌دهد [۵۱]. در این پژوهش ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های کیک توسط ۱۲ ارزیاب آموزش‌دیده با مقیاس هدونیک پنج نقطه‌ای، ۲۴ ساعت و هفت روز پس از پخت انجام شد و نتایج مربوطه در نمودارهای ۷ و ۸ مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج بالاترین امتیاز ویژگی‌های حسی از نظر ارزیابان حسی بین نمونه‌های کیک ۲۴ ساعت و ۷ روز پس از پخت، به نمونه حاوی ۳٪ SPC و ۷٪ CMC در سطح جایگزینی ۵۰٪

مقدار سفتی، انسجام و فنریت نمونه‌های مورد بررسی شد؛ درحالی‌که افزایش فنریت بین نمونه‌های کم‌چرب معنی‌دار نبود. نتایج آنالیز حسی نمونه‌های کیک نشان داد که نمونه حاوی ۳٪ SPC و ۷٪ CMC در سطح جایگزینی ۵۰٪ از نظر پذیرش کلی به عنوان بهترین نمونه از نظر ارزیابی‌های حسی بود. براساس مجموع نتایج بدست آمده، امکان حذف حداکثر ۵۰٪ روغن موجود در فرمولاسیون کیک بژی‌برساق و جایگزینی آن با ترکیب کنسانتره پروتئین سویا و کربوکسی متیل سلولز بدون تأثیر منفی بر بافت و ویژگی‌های حسی محصول نهایی امکان‌پذیر است.

## ۶- منابع

- [1] Betaghsier, M., Kadivar, M., Shahedi, M. (2014). Investigate the possibility of producing low-calorie cupcakes containing flax mucilage as a fat substitute. *Journal of Nutrition Sciences and Food Industry*, 3(9), pp. 73-82. [InPersian].
- [2] Majzoobi, M., Ghiasi, F., Habibi, M., Hedayati, S., Farahnaky, A. (2013). Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. *Journal of Food Processing and Preservation*, 3(38), pp. 1745-4549.
- [3] Artunduaga, J. L., Gutierrez, L. F. (2018). Effects of replacing fat by betaglucans from *Ganoderma lucidum* on batter and cake properties. *Journal of Food Science and Technology*, 56, pp.451-461.
- [4] Quiles, A., Llorca, L., Schmidt, C., Reißner, A. M. Struck, S., Rohm, H. (2018). Use of berry pomace to replace flour, fat or sugar in cakes. *International Journal of Food Science and Technology*, 6(53), pp. 1579-1587.
- [5] Meleady, R. (2018). Obesity and cardiovascular disease prevention A2 Weaver, J.U (ed). In: Practical guide to obesity medicine. Elsevier, pp: 77-88.
- [6] Hussein, E. A., El-Beltagy, A. E., Gaafor, A. M. (2011). Production and Quality Evaluation of Low Calorie cake. *American Journal of Food Technology*, 6(9), pp. 827-834.
- [7] Sowmya, M., Jeyarani, T., Jyotsna, R., Indrani, D. (2009). Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological microstructural, quality



**Fig 8** Multiple comparison of fat replacement effects with SPC and different levels of CMC on sensory properties and overall acceptability of cake samples 24 hours (a) and 7 days (b) after baking.  $p < 0/05$

## ۵- نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تولید کیک بژی‌برساق (نوعی کیک سستی در غرب کشور) کم‌چرب و جایگزین نمودن روغن موجود در فرمولاسیون آن با بهینه‌ترین سطح کنسانتره پروتئین سویا و کربوکسی متیل سلولز، به دلیل تقاضای مصرف‌کنندگان به محصولات رژیمی و استفاده از جایگزین‌های چربی انجام شد. افزایش سطح جایگزین‌های چربی در فرمولاسیون موجب افزایش معنی‌دار ویسکوزیته و قوام خمیر شد. براساس نتایج ارزیابی‌های آزمون‌های بافت و رنگ نمونه‌های کیک، سطح ۳٪ به منظور سطح بهینه افزودن کنسانتره پروتئینی سویا به فرمولاسیون تعیین شد. آنالیز فیزیکوشیمیایی (محتوای رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل) و بررسی شاخص روشنایی نمونه‌های کیک، اثر افزایشی قابل‌توجه حاصل از افزایش سطح کربوکسی متیل سلولز در سطح ثابت کنسانتره پروتئینی سویا را بر پارامترهای اندازه‌گیری شده نشان داد. در حالی‌که میزان چربی نمونه‌های کیک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. افزایش مقدار کربوکسی متیل سلولز در سطح ثابت کنسانتره پروتئین سویا (۳٪) به‌عنوان جایگزین چربی هم‌چنین سبب افزایش

- Oral Processing Research*, 5(49),pp. 475-468
- [16] Bennion, E.B. and Bamford G.S.T. (1997). The technology of cake making, 6th edition. Boston, MA: Springer US, 1997.
- [17] National Standard of Iran (2014). Amendment No.1 : 103 Wheat Flour - Features and Test Method. National Standard Organization of Iran.
- [18] AACC. (2000). Approved method of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. Ins.
- [19]Nasaruddin, F., Chin, N., Yosof, Y. (2012). Effect of processing on instrumental textural properties of traditional dodol using back extrusion. *International Journal of Food Properties*, 15, pp. 495-506.
- [20] Marco, C. and Rosell, C.M. (2008). Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads, *European Food Research and Technology*, 227(4),pp. 1205-1213.
- [21] Sun, D. (2008). Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.
- [22] Naghavi, M., Seydalangi, S.Z. (2018). The effect of adding red pomegranate peel powder and cardamom on the sensory and rheological properties of oil cake. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry*, 4(12),pp. 83-94
- [23] Ronda, F., Gamez, M., Blanco, C. A., and Caballero, P. A. (2005). Effects of polynondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, 90, pp. 549-555.
- [24] Wang, X. S., Tang, C. H., Li, B. S., Yang, X. Q., Li, L., Ma, C.Y. (2008). Effects of highpressure treatment on some physicochemical and functional properties of soy protein isolates. *Food hydrocolloids*, 22, pp.560-567.
- [25] McWatters, K. H. , Ouedraogo, J. B., Resurreccion, A. V. A. , Hung, Y.C. , Dixon Phillips, R. (2003). Physical and sensory characteristics of sugar cookies containing mixtures of wheat, fonio (*Digitaria exilis*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) flours. *International Journal of*
- characteristics and fatty acid profile of cake. *Food hydrocolloids*, 7(23), pp. 1827-1836.
- [8] Sanchez-Paz, L. A. , Dublan-Garcia, O., Díaz-Ramírez, M., Arteaga-Arcos, J. C., Dominguez-Lopez, A., Pérez-Alonso. C. (2018). Effect of added gelatin on rheological and textural properties of a pound cake reduced in margarine. *Revista Mexicana de Ingenieria Quimica*, 3(17), pp.777-789.
- [9] Zbikowska, A., Kowalska, M., Pieniowska, J. (2018). Assessment of shortcrust biscuits with reduced fat content of microcrystalline cellulose and psyllium as fat replacements. *Journal of Food Processing and Preservation*,42(7), pp. 1360-1375.
- [10] Shekheyan,F., Keramat, J., Hujjat al Islami, M.(2014). Investigation of the effect of fat replacement with carboxymethylcellulose on the texture of sponge cake. 21st National Congress of Food Science and Technology of Iran.
- [11] Laura, L., Cristina, P., Paula, V., Ana, S., Teresa, S. (2014). HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation. *LWT - Food Science and Technology*, 56(2), pp. 494-501.
- [12] Bazrafshan, M. (2014). Investigating the possibility of producing low fat oil cake using basil seed powder, guar gum and soy protein isolate. Thesis for PhD, Food Science and Technology, Food Technology, Faculty of Agriculture and Veterinary Medicine, Islamic Azad University, Sabzevar Branch. [In Persian].
- [13] Rios, R. V., Garzon, R., Lannes, S. C.S., Rosell, C. M.(2018).Use of succinyl chitosan as fat replacer on cake formulations. *LWT - Food Science and Technology*, 96, pp.260-265.
- [14] Punia, S., Siroha, A. K. Sandhu, K. S. Kaur, M.(2019). Rheological and pasting behavior of OSA modified mungbean starches and its utilization in cake formulation as fat replacer. *International Journal of Biological Macromolecules*, 128, pp.230-236.
- [15] Majzoobi, M., Mohammadi, M., Mesbahi, G.R., Farahnaky, A.(2018). Feasibility study of sucrose and fat replacement using inulin and rebaudioside A in cake formulations. *Journal Texture Studies A Journal for Food*

- Food Science and Technology*, 64(2), pp. 1171-1178.
- [36] Vittadini, E., Vodovotz, Y. (2006). Changes in the Physicochemical Properties of Wheat-and Soycontaining Breads During Storage as Studied by Thermal Analyses. *Journal of food science*, 68, pp. 2022-2027.
- [37] Min, B., Lee, S., Yoo, S., Inglett, G. E., Lee, S. (2010). Functional characterization of steam jet-cooked buckwheat flour as a fat replacer in cake-baking. *Journal of Agricultural*, 90, pp. 2208-2213.
- [38] Sahraian, B., Naghipour, F., Karimi, F., Ghiafeh Davoodi, M. (2013). Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 30, pp. 698-703.
- [39] Gomez, M., Ruiz – Paris, E., Oliete, B., Pando, V. (2010). Modeling of texture evolution of cakes during storage. *Journal of Texture Studies*, 41, pp. 17-33.
- [40] Barcenas, M. E., Rosell, C. M. (2005). Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 19(6), pp. 1037-1043.
- [41] Ozkoc Ozge, S., Summe, G., Sahin, S. (2009). The effect of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. *Food hydrocolloids*, 23, pp. 2182-2189.
- [42] Sciarini, L. S., Ribotta, P.D., Leon, A. E., Perez, G.T. (2012). Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of food Engineering*, 4(111), pp. 590-597.
- [43] Ayoubi, A., HabibiNajafi, M. B., Karimi, M. (2009). The effect of adding whey protein concentrate (WPC) and guar and xanthan gums on the quality and physicochemical properties of oil cake. *Journal of Food Science and Technology Research*, 2(4), pp. 33-46. [In Persian].
- [44] Ahmadian, P. (2017). The effect of adding guar gum and jujube powder on the properties of sponge cake 3rd International Conference on Agricultural Engineering and Natural Resources July 12. [In Persian].
- [45] Naghipour, F., Tabatabaei Yazdi, F., Karimi, M., Mortazavi, S. A., Mohebbi, M. (2017). Effect of sorghum  $\beta$ -Glucan as fat
- Food Sciences and Technology*, 4(38), pp. 403-410.
- [26] Beranji Ardestani, S., Azizi, M.H., Sahari, M. (2013). Effect of fortification with iron, folic acid, zinc and calcium on the rheological and chemical properties of star flour. *Journal of Food Science and Technology*, 4(14), pp. 43-33. [In Persian].
- [27] Ashwini, A., Jyotsna, R., Indrani, D. (2009). Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 23, pp. 700-707.
- [28] Nikzaedeh, V., Mazaheri Tehrani, M., Saadatmand, M. (2012). Optimization of low cholesterol low fat mayonnaise formulation, *Food Hydrocolloids*, 28, pp. 344-352.
- [29] Rahimi, Sh., Shaykh Islami, Z., Seyedin Ardabili, S. M. (2019). Formulation of low-fat cupcake using turmeric seed gum (Zanb alFar), *Journal of Food Science and Technology Research*, 16(97), pp. 13-28. [In Persian].
- [30] Xue, J. (2007). Thermal and Rheological Properties of Batter Systems: Department of Bio resource Engineering Macdonald Campus, McGill University.
- [31] Lee, C. C. and Hosney, R. C. (1982). Optimization of fat emulsifier system and the gum egg white water system for a laboratory scale single stage cake mix. *Article in Cereal Chemistry*, 59(5), pp. 392-395.
- [32] Moraes, E., Dentas, M., Morais, D., Silva, C., Castro, F., Martino, H., Ribeiro, S. (2012). Sensory evaluation and nutritional value of cakes prepared with whole flaxseed flour. *Article Scientiarum Polonorum Technology Alimentaria*, 30(4), pp. 0101-2061.
- [33] National Standard of Iran (2013). No: 2553, 3th.revision. Cake – Specification and test methods. National Standard Organization of Iran.
- [34] Jabbari Izadi, A., Motamedzadegan, A., Mohammadzadeh Milani, J. (2013). Investigating the use of gums as a fat substitute in cakes. 21st National Congress of Food Science and Technology of Iran, Shiraz University. [In Persian].
- [35] Patricia Lopez, E., Cristina Goldner, M. (2015). Influence of storage time for the acceptability of bread formulated with lupine protein isolate and added bread gum. *LWT-*



- blends. *LWT-Food Science and Technology*, 41, pp.1701-1709.
- [49] Purlis, E., and Salvadori, V. (2009). Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42, pp. 865-870.
- [50] Naghipour, F., Habibi Najafi, M.B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., Sahraiyani, B. (2012). Application sorghum flour in free gluten cake production. National Conference of Iranian Agricultural Research Strategy. Islamic Azad University, Takestan branch [in Persian].
- [51] Stone, H., Bleibaum, R. and Thomas, H. A. (2012). Sensory evaluation practices. 4th edition. New York: Academic press.
- replacer in low- fat gluten-free cupcake production. *Journal of Food Science and Technology*, 61(13), pp. 163-176. . [In Persian].
- [46] Zahn, S., Pepke, F., Rohm, H. (2010). Effect of inulin as a fat replacer on texture and sensory properties of muffins. *Journal Food Science Technology*, 45(12), pp. 2531–2537.
- [47] Sanz, T., Salvador, A., Baixauli, R., Fiszman, S. M. (2009). Evaluation of four types of resistant starch in muffins. Effects in texture, colour and consumer response. *Journal European Food Research and Technology*, 2, pp.194 -204.
- [48] Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., Fernandez, E. (2008). Studies on cake quality made of wheat chickpea flour



## Use of soy protein concentrate and carboxy methyl cellulose as fat substitutes in the production of Beji-Bersagh cake

Rostami, Z. <sup>1</sup>, Maghsoudlou, Y. <sup>2\*</sup>, Alami, M. <sup>3</sup>, Ghorbani, M. <sup>3</sup>, Tavasoli, S. <sup>4</sup>

1. M.Sc. Student of food *Technology*, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Professor, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Associate Professor, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Ph.D. Student of food *Technology*, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 2021/ 02/ 16  
Accepted 2021/ 05/ 22

#### Keywords:

Beji Barsaq cake,  
Fat replacer,  
Soy protein concentrate,  
Carboxymethyl cellulose,  
Sensory analysis.

**DOI:** 10.52547/fsct.18.116.259

\*Corresponding Author E-Mail:  
[y.maghsoudlou@gau.ac.ir](mailto:y.maghsoudlou@gau.ac.ir)

Beji Barsaq is a traditional cake in Ilam, Kermanshah, Kurdistan, and Lorestan cities, made of wheat flour, oil, sugar, eggs, low-fat milk, rose water, baking powder, and various spices (cumin, fennel, and turmeric). The present study aimed to produce a low-fat Beji Barsaq cake with soy protein concentrate (SPC) at the optimal level (3%) and carboxymethyl cellulose (CMC) at the level of 0.3, 0.7, and 1%. The rheological analysis results of dough samples showed a significant increase in their viscosity and consistency with increasing fat substitutes. At the constant level of SPI, the amounts of moisture content, specific volume, porosity, and brightness were significantly increased with increasing CMC levels. In contrast, the fat content was significantly decreased. Moreover, stiffness, cohesiveness, and springiness of the cake samples enhanced with increasing CMC levels at constant SPC level. However, this increase in springiness was not significant. After seven days of storage at room temperature, the stiffness of cake samples increased, and their cohesiveness and springiness decreased significantly, which was attributed to the products' staleness. Sensory analysis results of cake samples showed that T4 sample (%50% fat replaced with 3% SPC+0.7% CMC) had the best overall acceptability according to opinion of panelists.