

## بررسی اثر پودر پوست انار بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی کیک اسفنجی

زهرا ملک پور<sup>1</sup>، سارا انصاری<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

<sup>2</sup> استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران.

(تاریخ دریافت: 98/05/02 تاریخ پذیرش: 99/02/13)

### چکیده

پوست انار، یک محصول جانبی صنایع فرایند آبمیوه است که به عنوان یک منبع بالقوه ترکیبات زیست فعال (نظیر پلی فنول)، مواد معدنی و فیبر شناخته شده است. در این مطالعه، ترکیب شیمیایی و خصوصیات عملکردی پودر پوست انار تعیین گردید و به عنوان جایگزین آرد گندم در پنج سطح 1/5، 3، 4/5، 6 و 7/5 درصد و دو اندازه ذرات 210 و 500 میکرون به فرمولاسیون کیک اسفنجی اضافه شد. سپس خصوصیات فیزیکی خمیر و در مرحله بعد خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و حسی کیک های اسفنجی حاصل مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز شیمیایی پودر پوست انار نشان داد که این پودر دارای فیبر بالا، املاح بویژه پتاسیم و کلسیم، و فنول بالاست. با افزایش درصد جایگزینی و کاهش اندازه ذرات میزان قوام و دانسیته خمیر کیک، همچنین حجم مخصوص و شاخص تقارن کیک به طور معنی داری افزایش و تخلخل کیک کاهش یافت. ارزیابی ترکیبات شیمیایی کیک نیز روند افزایشی معنی دار میزان رطوبت، خاکستر، فیبر کل، و روند کاهشی میزان پروتئین، کربوهیدرات و انرژی را با افزایش درصد پودر پوست انار نشان داد. ارزیابی رنگ کیک نشان داد که نمونه های حاوی سطوح بالاتر پودر پوست انار شاخص  $L^*$  کمتر و شاخص های  $a^*$  و  $b^*$  بیشتری داشته و بنابراین تیره تر، قرمزتر و زردتر بودند. خصوصیات بافتی اندازه گیری شده با دستگاه ارزیابی بافت نیز، حاکی از افزایش سفتی و صمغیت و کاهش پیوستگی و فنریته، در حضور درصد بیشتر پودر پوست انار در فرمولاسیون کیک بود. بر اساس ارزیابی خصوصیات حسی کیک ها، نزدیک ترین نمونه به نمونه شاهد کیک حاوی 1/5 درصد پودر پوست انار با اندازه ذرات 500 میکرون بود. در مجموع می توان نتیجه گرفت که جایگزینی کمتر از 4/5 درصد پودر پوست انار می تواند در تولید کیک با خواص کیفی مطلوب با ارزش تغذیه ای بالاتر مفید واقع شود.

**کلید واژگان:** پودر پوست انار، کیک اسفنجی، فیبر، ترکیبات فنولی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی

## 1- مقدمه

امروزه مصرف کنندگان ترجیح می دهند که از غذاهای آماده و رژیم های غذایی کم کالری، کم کلسترول، کم چربی یا به عبارت دیگر غذاهای سالم استفاده کنند. با توجه به این روند، مصرف کنندگان همچنین تمایل به مصرف غذاهای با محتوای فیبر بالاتر دارند. این واقعیت وجود دارد که مصرف مقادیر مناسب فیبر تغذیه ای (25 تا 38 گرم در روز) بطور قابل ملاحظه ای خطر بیماریهای خطرناک از جمله دیابت، چاقی، بیماری قلبی عروقی، سرطان روده و سنگ کیسه صفرا را کاهش می دهد. فیبرهای رژیمی همچنین دارای خواص تکنولوژیکی هستند که می توانند در فرمولاسیون مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند و منجر به اصلاح بافت و افزایش ثبات مواد غذایی در طول تولید و ذخیره سازی شوند [1].

در دهه های اخیر، تمایل به یافتن منابع جدید فیبر رژیمی مانند ضایعات محصولات زراعی که به طور سنتی دور ریخته می شوند وجود دارد. ضایعات میوه ها و سبزیها علاوه بر منبع فیبر به طور طبیعی غنی از ویتامین ها، مواد معدنی و دیگر ترکیبات زیست فعال هستند. در مطالعات مختلف، استفاده از این اجزای بیولوژیکی سالم در رژیم های غذایی به طور گسترده ای مورد بحث و بررسی قرار گرفته و به عنوان راهکارهای مناسب برای مقابله با سوء تغذیه و کاهش برخی از اختلالات مرتبط با سلامتی مطرح شده است [2]. والنسیا و همکاران (2007) اثر کنسانتره فیبر میوه انبه، سودها و همکاران (2007) تفاله سیب و شاروبا و همکاران (2013) تفاله پرتقال و هویج، پوست سیب زمینی و پوست نخود سبز را به عنوان منبع فیبر غذایی در فرمولاسیون محصولات نانوایی و کیک مورد استفاده قرار دادند [3-5]. مجذوبی و کرم بخش (1393) در بررسی اثر جایگزینی آرد با پودر ضایعات فرآوری خرما (شامل پوسته و هسته خرما) با اندازه ذرات 210 و 500 میکرون بر خواص کیک اسفنجی بدین نتیجه دست یافتند که پودر ضایعات فرآوری خرما می تواند به عنوان بخشی از فرمولاسیون کیک اسفنجی غنی شده بر برخی از ویژگیهای کیفی خمیر و کیک نظیر بافت، دانسیته، قوام و حجم اثرگذار باشد [6].

پوست انار (*Punica granatum L.*)، یک محصول جانبی صنایع فرایند آبمیوه است که حاوی مجموعه ای از ترکیبات زیست فعال، مواد معدنی و فیبر برای طیف گسترده ای از

الزامات رژیم غذایی است [7]. بخش ضایعاتی میوه حاوی مقادیر نسبتا بالاتر فنل کل (1/261٪)، علاوه بر خواص آن به عنوان منبع فیبر خام (17/17٪) و بقایای معدنی است که دارای ویژگی های ارتقاء سلامتی نظیر جلوگیری از توسعه اختلالات قلبی عروقی، کاهش قند خون<sup>1</sup>، مرگ سلولی<sup>2</sup>، همچنین عوامل ضدالتهابی، ضد انگلی و به عنوان یک پری بیوتیک می باشد [8]. تثبیت سیستم های غذایی و بهبود خواص فیزیولوژیکی، برخی از ویژگی های جذاب پوست انار به موازات اهمیت تغذیه ای آنها است. پودر پوست انار و عصاره پوست بطور موفقیت آمیزی در غذاهای مختلفی از قبیل گوشت و محصولات گوشتی، ماست، محصولات نانوایی و مرباها استفاده شده است [2 و 8-11].

هدف از تحقیق حاضر، بررسی خواص فیزیوشیمیایی پودر پوست انار و اثر افزودن آن با درصدها و اندازه ذرات مختلف بر خواص کیفی خمیر و کیک حاصل می باشد.

## 2- مواد و روش ها

### 2-1-2- مواد مورد استفاده

در این تحقیق از نمونه های انار رقم آقایی برداشت شده از باغی در منطقه قصرالدشت شیراز استفاده شد. پوست های انار پس از جداسازی و خشک کردن در هوای آزاد تحت سایه، بوسیله آسیاب آزمایشگاهی آسیاب و توسط الک های با مش 35 و 70 به ترتیب به دو اندازه 210 و 500 میکرون الک شدند. آرد گندم (شرکت آرد خوشه فارس، ایران)، بیکنینگ پودر (شرکت گلها تهران، ایران)، تخم مرغ (شرکت سیمرخ اصفهان، ایران)، شکر (شرکت قند اقلید، ایران) از فروشگاههای داخلی شیراز و کلیه مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند.

### 2-2- آزمون های پودر پوست انار

اندازه گیری میزان پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر و فیبر خام بترتیب طبق روش های استاندارد AACC 44-12، AACC 30-10، AACC 44-15، AACC 08-01 و AACC 32-45 صورت گرفت [12]. میزان کربوهیدرات با کم کردن وزن سایر مواد

1. Hypoglycaemic  
2. Apoptotic

## 2-3- آماده سازی خمیر کیک و کیک

خمیر کیک کنترل از 500 گرم آرد، 300 گرم شکر، 210 گرم تخم مرغ، 15 گرم بیکنینگ پودر، 220 میلی لیتر روغن و 300 میلی لیتر آب تهیه گردید. جهت تهیه کیک‌های حاوی پودر پوست انار، میزان 3، 4/5، 6 و 7/5 درصد آرد گندم با پودر پوست انار با ذرات 210 و 500 میکرون جایگزین شد. مواد مورد استفاده در تهیه کیک طی سه مرحله مخلوط و آماده سازی شد. بعد از آماده سازی، خمیر در قالب های کیک حاوی کاغذ روغنی توزین شده و در فر صنعتی با دمای 200 درجه سلسیوس به مدت 17 دقیقه قرار گرفت تا عمل پخت صورت گیرد. بعد از اتمام زمان پخت قالب حاوی کیک به مدت نیم ساعت در دمای محیط قرار داده شد تا خنک شود و از تعریق نمونه در بسته جلوگیری به عمل آید. در نهایت نمونه‌های کیک تا زمان آزمایش در فیلم پلاستیکی نازک پیچیده شده و در دمای محیط نگهداری شد [15]. در مجموع 11 تیمار برای هر آزمون تهیه گردید.

## 2-4- آزمون های خمیر

به منظور اندازه گیری قوام خمیر از قوام سنج بوستویک<sup>9</sup> استفاده شد. با استفاده از تعیین وزن حجم مشخص از خمیر کیک، دانسیته خمیر محاسبه گردید [16].

## 2-5- آزمون های کیک

اندازه گیری ترکیب تقریبی کیک اسفنجی از جمله رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر و کربوهیدرات طبق روش ارائه شده در قبل اندازه گیری گردید. مقدار فیبر رژیمی کل، محلول و نامحلول طبق روش های مصوب AACC (2000) اندازه گیری شد. محتوای انرژی کل (بر حسب کالری) با روش آتواتر<sup>10</sup> به کمک فاکتور آتواتر (4 کیلوکالری بر گرم برای پروتئین و کربوهیدرات و 9 کیلوکالری بر گرم برای چربی) محاسبه گردید [17].

حجم نمونه های کیک با روش جایگزینی دانه کلزا طبق روش مصوب AACC (2000) اندازه گیری شد که پس از تقسیم بر وزن کیک، دانسیته (یا وزن مخصوص) کیک بدست آمد. تقارن هندسی کیک با استفاده از روش AACC 10-91 اندازه گیری شد [12]. جهت تعیین تخلخل نمونه های کیک از روش تراکمی استفاده شد. برای این منظور پس از قرار دادن نمونه در

اندازه گیری شده نسبت به وزن کل محاسبه گردید. اندازه گیری مواد معدنی نمونه به کمک دستگاه جذب اتمی (Shimadzu مدل AA-6800، ساخت ژاپن) انجام گردید [12].

اندازه گیری محتوای فنول کل با استفاده از روش فولین سیوکالتیو<sup>3</sup> و با خواندن جذب نمونه ها در 760 نانومتر اندازه گیری شد. نتایج بر حسب میلی گرم گالیک اسید در گرم نمونه گزارش شد [2]. فعالیت آنتی اکسیدانی با استفاده از روش DPPH<sup>4</sup> و با خواندن تغییرات جذب نمونه‌ها در 517 نانومتر اندازه گیری شد. در نهایت درصد مهار رادیکال‌های DPPH توسط عصاره با فرمول زیر محاسبه گردید [2 و 13]:

$$\text{درصد مهار رادیکال آزاد} = \frac{(Ac-As)}{Ac} \times 100$$

که در این رابطه Ac و As به ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه می‌باشند. چگالی فشرده<sup>5</sup> با فشردن نمونه در یک استوانه مدرج با استفاده از یک میله شیشه ای مجهز به درب پلاستیکی تعیین شد. چگالی توده ای<sup>6</sup> پس از پر کردن استوانه مدرج با پودر مورد نظر و کمی تکان دادن محتویات استوانه وزن و بر حسب گرم بر میلی لیتر گزارش گردید [4].

برای اندازه گیری ظرفیت نگهداری آب<sup>7</sup>، مقدار یک گرم پودر با 50 میلی لیتر آب تقطیر شده برای 1 دقیقه به شدت مخلوط شده و سپس به مدت 15 دقیقه با سرعت 10000g در 20 درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد. ماده شناور بر سطح دور ریخته شده و لوله به مدت 25 دقیقه در دمای 50 درجه سلسیوس وارونه نگه داشته می شود. میزان جذب آب بر حسب گرم آب اتصال یافته برای هر گرم نمونه بر مبنای خشک بیان می گردد [14]. جهت اندازه گیری ظرفیت جذب چربی<sup>8</sup>، مقدار 0/5 گرم نمونه با 6 میلی لیتر روغن ذرت مخلوط گردید و برای یک دقیقه هم زده شد تا نمونه در روغن پراکنده شود. بعد از یک دوره نگهداری 30 دقیقه ای، نمونه ها به مدت 25 دقیقه با سرعت 3000 g سانتریفیوژ و بخش ته نشین شده وزن گردید. ظرفیت جذب چربی تحت عنوان گرم روغن اتصال یافته برای هر گرم نمونه بر مبنای وزن خشک بیان می شود [14].

3. Folin-Ciocalteu's

4. 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

5. Packed density

6. Bulk density

7. Water Holding Capacity (WHC)

8. Fat absorption capacity

9. Bostwick

10. Atwater

### 3- نتایج و بحث

#### 3-1- ویژگی های فیزیکوشیمیایی پودر پوست

##### انار

پوست انار یک محصول جانبی از صنایع فراوری آبیوه است که حدود 50 درصد وزن کل میوه را تشکیل می دهد. نتایج آنالیز شیمیایی پودر پوست انار مورد استفاده در تحقیق حاضر در جدول 1 نشان داده شده است.

Table1. Proximate composition and some functional properties of pomegranate peel powder used in this study

Parameters	Quantity
Moisture (%)	5.74±0.12
Fat (%)	8.44±0.18
Protein (%)	9.20±0.25
Ash (%)	6.43±0.09
Total fiber (%)	25.0±2.7
Carbohydrate (%)	45.23±0.9
Total phenol (mg GA/g)	118.0±5.5
DPPH radical scavenging activity (%)	67.30±7.5
Bulk density (g/ml)	0.747±0.06
Packed density (g/ml)	0.831±0.03
Solubility index (%)	18.96±0.01
Water holding capacity (g/g)	2.73±0.05
Oil absorption capacity (mL/g)	1.8±0.02

با توجه به نتایج میزان رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر در نمونه مورد آزمون بین 5/74 تا 9/2 درصد متغیر بود. بر اساس مطالعات رنجیتا و همکاران (2018)، پودر پوست انار دارای خاکستر (4/32%)، چربی (0/85%) و پروتئین (3/74%) کمتر و رطوبت (7/27%) و کربوهیدرات (66/51%) بیشتر نسبت به پودر انار مورد استفاده در تحقیق حاضر بود [21]. این در حالی است که ایسماییل و همکاران (2014) مقادیر چربی (0/4%)، پروتئین (0/7%)، فیبر (17/53%) و خاکستر (2/7%) کمتر و رطوبت (9/34%) و کربوهیدرات (78/67%) بالاتری را برای پودر پوست انار گزارش کردند [2].

تحقیقات نشان داده که غذاهای با مقدار زیادی فیبر، ویتامین، مواد معدنی و دیگر مواد مغذی بطور معنی داری به کاهش اختلالات قلبی-عروقی و نرخ مرگ و میر مرتبط با آن کمک می کنند. کمبود تغذیه ای ریزمغذی ها بویژه کلسیم و پتاسیم به مقدار زیادی مرتبط با پیشرفت اختلالات قلبی-عروقی است [7]. بر اساس نتایج تحقیق حاضر پودر پوست انار بترتیب منبع غنی از پتاسیم (12000ppm)، سدیم (1400 ppm) و کلسیم

داخل یک محفظه استوانه ای با قطر 4/7 سانتی متر، ارتفاع اولیه نمونه و ارتفاع نمونه پس از فشردگی تحت نیروی 24 کیلوگرمی برای 2 دقیقه ثبت می شود و تخلخل از رابطه زیر بدست می آید [18]:

$$\text{تخلخل (\%)} = \frac{(H_i - H_f)}{H_i} \times 100$$

که بترتیب  $H_i$  ارتفاع اولیه نمونه و  $H_f$  ارتفاع نهایی نمونه می باشد. تعیین رنگ نمونه ها به وسیله دستگاه هانتربل مدل Colorflex (ساخت کشور آمریکا) انجام گردید و مقیاس CIE برای اندازه گیری فاکتور  $L^*$  (سیاه صفر و سفید 100)،  $a^*$  (قرمز 60 تا سبز -60) و  $b^*$  (زرد 60 تا آبی -60) به کار گرفته شد [19].

ارزیابی بافت کیک با استفاده از دستگاه بافت سنج بروکفیلد (مدل Ct3 10K، ساخت آمریکا) صورت گرفت. برای این منظور قطعاتی با عمق 2 سانتی متر از مرکز کیک برش داده شده و آزمون فشردگی دومرحله ای با استفاده از پروب استوانه ای با قطر 38/1 میلی متر و سرعت 0/5 میلی متر در ثانیه انجام گردید و پارامترهای مختلفی نظیر سفتی<sup>11</sup>، خاصیت صمغی<sup>12</sup>، مقاومت به جویدن<sup>13</sup>، چسبندگی<sup>14</sup>، پیوستگی<sup>15</sup> و قابلیت ارتجاع<sup>16</sup> از منحنی TPA محاسبه شد [20]. پارامترهای بافتی گزارش شده میانگین 10 تکرار بودند.

ارزیابی حسی به روش هدونیک پنج نقطه ای توسط یک گروه شامل 15 نفر ارزیاب آموزش دیده به منظور بررسی اثر افزودن پودر پوست انار بر بافت، رنگ، طعم، بو، و پذیرش کلی کیک انجام شد.

#### 2-6- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمون ها در سه تکرار انجام شد و نتایج حاصله توسط جدول تجزیه واریانس در سطح معنی داری 5 درصد و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تحلیل قرار گرفت. میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شد. به منظور انجام آزمون های آماری از نرم افزار SPSS V. 18 استفاده شد.

11. Hardness
12. Gumminess
13. Chewiness
14. Adhesiveness
15. Cohesiveness
16. Springiness

2/73 گرم بر گرم و 18/96% می باشد. این نتایج قابل مقایسه با داده های ظرفیت نگهداری آب گزارش شده توسط سودها و همکاران (2007) برای آرد گندم (1/01) و تفاله سیب (8/39) و مجذوبی و کرم بخش (1393) برای ضایعات فراوری خرما (3/58) گرم آب بر گرم نمونه می باشد [6و4]. بر اساس یافته های مجذوبی و کرم بخش (1393) درصد حلالیت ضایعات فراوری خرما 16/38% بود و میزان حلالیت و ظرفیت نگهداری آب با کاهش اندازه ذرات افزایش یافت که بدلیل افزایش سطح ذرات برای جذب آب بود [6]. ظرفیت نگهداری آب بالای پودر پوست انار این امکان را می دهد که از آن به عنوان ماده اولیه در فرمولاسیون برخی محصولات به منظور بهبود خصوصیات حسی استفاده شود. افزودن پودر پوست انار می تواند در کاهش فعالیت آبی مواد غذایی و به دنبال آن بالا بردن زمان نگهداری آنها نیز موثر باشد [10-11].

### 3-2- بررسی قوام خمیر

قوام خمیر در حد مطلوب برای حفظ حباب های هوای تشکیل شده طی هم زدن و CO<sub>2</sub> تولید شده توسط پودر نانوائی مورد استفاده در فرمولاسیون مورد نیاز است [21]. مقادیر عدد بوستویک خمیر در جدول 2 نشان داده شده است.

(840 ppm) می باشد. این نتایج منطبق بر تحقیقات Ismail و همکاران (2014) بود که پتاسیم (2749/46 mg/kg) و پس از آن کلسیم (1192 mg/kg) را بیشترین عناصر تشکیل دهنده پوست انار گزارش کردند [2]. بررسی ها نشان داده پوست انار خشک، پودر و عصاره گیری شده، دارای محتویات فنلی و خاصیت آنتی اکسیدانی بسیار بالایی می باشد. بر اساس نتایج این تحقیق پودر پوست انار دارای غلظت بالایی فنول و فعالیت مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH می باشد که البته این مقادیر کمتر از مقادیر گزارش شده (بترتیب 1387 mg/100g فنول کل و 87/4 درصد فعالیت مهارکنندگی) توسط ایسمایل و همکاران (2014) بود [2]. مقادیر چگالی بدست آمده برای پودر پوست انار نیز قابل قیاس با نتایج سودها و همکاران (2007) بود که میزان چگالی توده ای و فشردگی تفاله سیب را بترتیب 0/52 و 0/71 گرم بر میلی لیتر گزارش کردند [4]. خصوصیات عملکردی همچون حلالیت و ظرفیت نگهداری آب از جمله خواص فیزیکی ذاتی مواد غذایی هستند که رفتار سیستم های غذایی را در ضمن تولید و نگهداری تحت تاثیر قرار می دهند. با توجه به جدول 1 ظرفیت نگهداری آب و حلالیت پودر پوست انار بترتیب

Table2. Effect of pomegranate peel powder on some characteristics of cake batter

Treatments	Bostwick number (cm/30s)	Density (g/mL)
Blank	16.45 <sup>a</sup> ±0.09	1.03 <sup>h</sup> ±0.002
210μ	1.5%	15.50 <sup>c</sup> ±0.08
	3%	13.65 <sup>e</sup> ±0.07
	4.5%	11.66 <sup>g</sup> ±0.06
	6%	10.10 <sup>h</sup> ±0.05
	7.5%	8.71 <sup>i</sup> ±0.05
500μ	1.5%	15.96 <sup>g</sup> ±0.08
	3%	14.33 <sup>d</sup> ±0.08
	4.5%	12.72 <sup>f</sup> ±0.07
	6%	11.81 <sup>g</sup> ±0.06
	7.5%	9.82 <sup>h</sup> ±0.05
		1.17 <sup>b</sup> ±0.004
		1.16 <sup>bc</sup> ±0.001
		1.19 <sup>a</sup> ±0.088
		1.12 <sup>e</sup> ±0.002
		1.09 <sup>f</sup> ±0.006
		1.15 <sup>cd</sup> ±0.001
		1.14 <sup>d</sup> ±0.001
		1.10 <sup>f</sup> ±0.003
		1.06 <sup>g</sup> ±0.009

\*Values are means ± standard deviations. Values with different letter within same columns are significantly different (P<0.05).

فیبری و کربوهیدرات باشد. در واقع این ماکرومولکول ها می توانند با آب، همچنین نشاسته و پروتئین آرد اتصالات هیدروژنی داده و بنابراین میزان آب آزاد و تحرک کلی سیستم را کاهش و میزان قوام، سفتی و ویسکوزیته خمیر را افزایش دهند [14]. مقایسه اندازه ذرات هم نتایج نشان داد که افزودن پودر پوست انار 210 میکرون در مقایسه با 500 میکرون موجب عدد بوستویک کمتر و قوام بیشتری در خمیر می شود.

باتوجه به رابطه معکوس عدد بوستویک با قوام خمیر، بنابراین یافته های این تحقیق با افزایش درصد جایگزینی و کاهش اندازه ذره قوام به طور معناداری افزایش یافته است. افزایش قوام خمیر کیک از به سطح آمدن و خروج حباب های هوایی وارد شده به خمیر در مراحل اولیه پخت، جلوگیری کرده و کیک حاصل ساختار بسیار متخلخل و مطلوبی خواهد داشت. این مساله می تواند بدلیل غنی بودن پوست انار از توکیبات

است. با توجه به این افزایش رطوبت، میزان پروتئین، چربی و کربوهیدرات کیک های تولیدی نیز کاهش یافت. افزایش میزان رطوبت مغز کیک با افزایش درصد جایگزینی ترکیبات فیبری قبلا نیز توسط مجذوبی و همکاران (2016) و مجذوبی و کرم بخش (1393) در کیک های غنی شده با پودر تفاله هویج و ضایعات خرما مشاهده شده بود [6 و 25]. صالحی و همکاران (1395) دریافتند با افزایش درصد سیب از 0 به 20 درصد، مقدار رطوبت کیکها افزایش یافت در حالی که درصد پروتئین و کربوهیدرات آنها کاهش یافت [26]. بین درصد چربی و خاکستر نمونهها اختلاف معنی داری مشاهده نشد. ایسماییل و همکاران (2014) نیز گزارش کردند که با افزایش درصد جایگزینی پوست انار در کوکی از 1/5 تا 7/5% میزان پروتئین آن از 12/11% به 10/95% کاهش یافت [2]. بعلاوه با توجه به غنی بودن پودر پوست انار از ترکیبات معدنی و املاح، با افزایش درصد پودر پوست انار در کیک، میزان خاکستر به طور معنی داری افزایش یافت. بر اساس یافته های ال-سید و احمد (2013) و ایسماییل و همکاران (2014) افزودن پودر پوست هندوانه و پوست انار هر دو به میزان 7/5% موجب افزایش 42/5% خاکستر کیک و بیسکویت شد [2، 27]. روند افزایشی معنی دار میزان فیبر کل، فیبر رژیمی محلول و نامحلول با افزودن پوست انار را میتوان به مقادیر نسبتا بالای فیبر پوست انار هستند. میزان کالری نیز در بالا رفتن درصد پودر پوست انار روند کاهشی را دنبال کرده است. در مجموع با توجه به محتوای فیبر بالا و چربی پایین می توان کیک های غنی شده با پودر پوست انار به عنوان غذاهای با کالری پایین معرفی کرد.

### 3-5- اندازه گیری دانسیته و تخلخل کیک

در جدول 4 تاثیر پودر پوست انار بر برخی ویژگی های فیزیکی کیک نشان داده شده است. بنابر نتایج بدست آمده، افزایش سطوح جایگزینی بطور معنی داری تخلخل نمونه های کیک را کاهش و دانسیته را افزایش می دهد. با کاهش اندازه ذرات در هر یک از سطوح جایگزینی اختلاف آماری مشاهده نمی گردد، بطوری که بیشترین دانسیته و کمترین تخلخل در نمونه کیک حاوی 7/5 درصد پودر پوست انار و کمترین حجم مخصوص و بیشترین تخلخل در نمونه شاهد دیده می شود. دلیل افزایش دانسیته می تواند بدلیل فشردگی بیشتر و کاهش تخلخل کیک تولیدی (با توجه به کاهش حجم بعد از پخت) باشد.

سایر محققین نیز افزایش شاخص قوام و کاهش شاخص جریان پذیری خمیر را با درصد جایگزینی منابع فیبری (پودر نوعی کاکتوس، تفاله سیب، پودر چای سبز و سبوس گندم)، مشاهده و افزایش ظرفیت نگهداری آب ناشی از افزایش میزان فیبر را، دلیل اصلی معرفی کردند [4، 14، 23-24].

### 3-3- بررسی دانسیته خمیر

مقدار هوای گنجانده شده در یک خمیر می تواند با اندازه گیری چگالی خمیر تعیین شود که ارتباطی مستقیم با حجم، تردی و بافت کیک نهایی دارد [25]. با توجه به جدول 2 با افزایش درصد پودر پوست انار به خمیر کیک دانسیته خمیر به طور معنی داری ( $p < 0/05$ ) افزایش یافت. این موضوع را می توان به افزایش میزان فیبر موجود در پودر پوست انار نسبت داد که با افزایش ظرفیت نگهداری آب پودر پوست انار باعث افزایش دانسیته خمیر کیک می شود [24]. بعلاوه بنابر یافته های این تحقیق اندازه ذرات پودر پوست انار تاثیر معنی دار بر این فاکتور گذاشت. در واقع با کاهش اندازه ذرات حباب های هوای کمتری در حین مخلوط سازی خمیر به دام افتاده و شاخص قوام و در نتیجه دانسیته خمیر افزایش می یابد [22]. مجذوبی و همکاران (2016) گزارش کردند که با افزودن پودر تفاله هویج 210 و 500 میکرون دانسیته خمیر کیک فاقد گلوتن بطور معنی داری بترتیب از 0/899 به 0/996 و 0/985 گرم بر سانتی متر مکعب افزایش یافت [25].

### 3-4- بررسی ترکیبات شیمیایی کیک اسفنجی

میزان رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر، کربوهیدرات کل و فیبر در تیمارهای مورد مطالعه در جدول 3 آورده شده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی داری بین ترکیبات بیوشیمیایی و کالری تیمارهای مورد مطالعه وجود دارد ( $p < 0/05$ ). میزان چربی و پروتئین تیمارهای حاوی پودر پوست انار نسبت به نمونه شاهد کمتر و رطوبت آنها بیشتر است بطوری که کمترین میزان رطوبت (21/2%) و بیشترین میزان پروتئین (10/20%) و چربی (8/63%) در نمونه شاهد دیده می شود. بعلاوه با افزایش مقدار پودر پوست انار جایگزین شده بجای آرد در فرمولاسیون، رطوبت کیک تولیدی نسبت به نمونه کنترل افزایش معنی داری ( $p < 0/05$ ) نشان داد. البته این مساله در درصدهای بالای جایگزینی (از 3% به بالا) در هر دو اندازه ذره 210 و 510 میکرون صادق می باشد که بدلیل بالا رفتن ظرفیت نگهداری آب پودر پوست انار

**Table 3** Effect of pomegranate powder peel on the nutritional composition of sponge cake.

Treatments	Moisture(%)	Protein(%)	Fat(%)	Ash(%)	Carbohydrate(%)	Total dietary fiber (%)	Insoluble dietary fiber(%)	Soluble dietary fiber(%)	Energy (Kcal/100g)	
Blank	21.20 <sup>±</sup> 0.50	10.20 <sup>±</sup> 0.26	8.63 <sup>±</sup> 1.15	0.98 <sup>±</sup> 0.09	58.16 <sup>±</sup> 0.20	1.86 <sup>±</sup> 0.08	0.75 <sup>±</sup> 0.01	1.11 <sup>±</sup> 0.09	351.11	
210 $\mu$	15%	21.86 <sup>±</sup> 0.55	10.66 <sup>±</sup> 0.32	8.10 <sup>±</sup> 0.65	1.04 <sup>±</sup> 0.06	57.60 <sup>±</sup> 0.91	3.26 <sup>±</sup> 0.08	1.75 <sup>±</sup> 0.02	1.50 <sup>±</sup> 0.09	345.94
	3%	24.06 <sup>±</sup> 0.56	9.76 <sup>±</sup> 0.05	7.76 <sup>±</sup> 0.11	1.13 <sup>±</sup> 0.07	56.46 <sup>±</sup> 0.70	4.14 <sup>±</sup> 0.10	2.63 <sup>±</sup> 0.04	1.50 <sup>±</sup> 0.05	337.35
	4.5%	25.36 <sup>±</sup> 1.95	9.60 <sup>±</sup> 0.90	7.75 <sup>±</sup> 0.40	1.28 <sup>±</sup> 0.04	55.65 <sup>±</sup> 0.86	4.60 <sup>±</sup> 0.26	3.37 <sup>±</sup> 0.03	1.23 <sup>±</sup> 0.20	330.67
	6%	26.50 <sup>±</sup> 1.75	9.16 <sup>±</sup> 0.25	7.23 <sup>±</sup> 0.60	1.35 <sup>±</sup> 0.01	53.50 <sup>±</sup> 0.20	5.96 <sup>±</sup> 0.12	3.97 <sup>±</sup> 0.02	1.99 <sup>±</sup> 0.14	320.87
	7.5%	26.80 <sup>±</sup> 0.96	8.43 <sup>±</sup> 0.05	7.16 <sup>±</sup> 0.35	1.39 <sup>±</sup> 0.01	54.40 <sup>±</sup> 0.45	6.14 <sup>±</sup> 0.12	4.17 <sup>±</sup> 0.03	1.97 <sup>±</sup> 0.10	310.87
500 $\mu$	15%	21.20 <sup>±</sup> 0.83	9.93 <sup>±</sup> 0.60	7.96 <sup>±</sup> 0.55	1.06 <sup>±</sup> 0.04	57.60 <sup>±</sup> 0.62	3.35 <sup>±</sup> 0.05	1.87 <sup>±</sup> 0.02	1.48 <sup>±</sup> 0.04	340.43
	3%	23.23 <sup>±</sup> 0.55	9.73 <sup>±</sup> 0.66	7.86 <sup>±</sup> 0.45	1.15 <sup>±</sup> 0.06	56.53 <sup>±</sup> 0.20	4.15 <sup>±</sup> 0.02	2.66 <sup>±</sup> 0.01	1.49 <sup>±</sup> 0.02	334.23
	4.5%	24.9 <sup>±</sup> 0.30	9.46 <sup>±</sup> 0.25	7.76 <sup>±</sup> 0.90	1.24 <sup>±</sup> 0.01	55.56 <sup>±</sup> 0.15	5.04 <sup>±</sup> 0.02	3.54 <sup>±</sup> 0.05	1.50 <sup>±</sup> 0.03	325.45
	6%	25.63 <sup>±</sup> 1.51	9.26 <sup>±</sup> 0.45	7.53 <sup>±</sup> 0.35	1.32 <sup>±</sup> 0.02	54.80 <sup>±</sup> 0.10	5.91 <sup>±</sup> 0.07	3.86 <sup>±</sup> 0.01	2.05 <sup>±</sup> 0.06	315.65
	7.5%	26.66 <sup>±</sup> 1.30	8.43 <sup>±</sup> 0.15	7.40 <sup>±</sup> 0.50	1.40 <sup>±</sup> 0.02	54.06 <sup>±</sup> 0.32	6.23 <sup>±</sup> 0.02	4.17 <sup>±</sup> 0.02	2.06 <sup>±</sup> 0.04	305.65

\*Values are means  $\pm$  standard deviations. Values with different letter within same columns are significantly different ( $P < 0.05$ ).

نگهداری هوا در خمیر) سبب کاهش در حجم کیک و در نتیجه افزایش دانسیته آن شده است [28]. نتایج به دست آمده توسط سایر محققین نیز افزایش در دانسیته کیک را با افزایش اندازه ذرات و درصد منابع فیبری مختلف نشان داده اند [4، 14 و 24].

در تایید نتایج فوق، سودها و همکاران (2007) و شاروبا و همکاران (2013) گزارش کردند که افزایش دانسیته کیک به دلیل خاصیت جذب آب قوی توسط فیبر موجود در سیب و تفاله هویج می باشد [4-5]. لی و همکاران (2005) گزارش کردند که کاهش در مقدار قوام خمیر (وابسته به ظرفیت

**Table 4** Effect of pomegranate peel powder on some physical properties of cake.

Treatments	Density (g/mL)	Symmetric index (mL)	Porosity (%)	
Blank	0.34 <sup>f</sup> ±0.002	4.63 <sup>d</sup> ±0.024	74.50 <sup>a</sup> ±0.394	
210 $\mu$	1.5%	0.36 <sup>e</sup> ±0.002	4.74 <sup>d</sup> ±0.025	70.43 <sup>b</sup> ±0.373
	3%	0.37 <sup>d</sup> ±0.002	5.61 <sup>cd</sup> ±0.030	67.76 <sup>c</sup> ±0.359
	4.5%	0.38 <sup>c</sup> ±0.002	6.57 <sup>bc</sup> ±0.035	63.53 <sup>d</sup> ±0.336
	6%	0.40 <sup>ab</sup> ±0.002	5.87 <sup>cd</sup> ±0.031	60.80 <sup>f</sup> ±0.322
	7.5%	0.40 <sup>a</sup> ±0.002	7.77 <sup>a</sup> ±0.041	59.53 <sup>g</sup> ±0.315
500 $\mu$	1.5%	0.36 <sup>e</sup> ±0.002	4.76 <sup>d</sup> ±0.024	70.10 <sup>b</sup> ±0.371
	3%	0.38 <sup>de</sup> ±0.002	4.92 <sup>d</sup> ±0.024	67.36 <sup>c</sup> ±0.356
	4.5%	0.38 <sup>c</sup> ±0.002	5.48 <sup>cd</sup> ±0.024	62.40 <sup>e</sup> ±0.330
	6%	0.39 <sup>b</sup> ±0.002	7.43 <sup>ab</sup> ±0.024	60.73 <sup>f</sup> ±0.321
	7.5%	0.40 <sup>a</sup> ±0.002	7.95 <sup>a</sup> ±0.024	59.50 <sup>g</sup> ±0.315

\*Values are means  $\pm$  standard deviations. Values with different letter within same columns are significantly different ( $P < 0.05$ ).

[29]. آزاد مرد و راعی (1394) نیز گزارش کردند که با افزایش درصد پودر شیر خرم در ترکیب کیک تقارن آن کاهش یافت و بالاترین میزان تقارن مربوط به کیک تهیه شده با 25% پودر (مقدار 16 میلی متر) در مقایسه با نمونه کنترل (13 میلی متر) بود [30].

### 3-7- بررسی شاخص های رنگ کیک

اثر تیمارهای مختلف پودر پوست انار بر شاخص های رنگ کیک اسفنجی غنی شده با پودر پوست انار در جدول 5 آمده

### 3-6- بررسی تقارن کیک

نتایج این تحقیق نشان داد که با جایگزین کردن پودر پوست انار تقارن کیک تنزل یافته و به نسبت نمونه کنترل در مقایسه با بقیه نمونه ها بالاترین میزان تقارن را دارد (جدول 4). شاخص تقارن نشان دهنده فرم<sup>17</sup> کیک میباشد. برای یک کیک بهینه شاخص تقارن بایستی صفر باشد و مقادیر بالاتر نشان دهنده آن است که یک سمت کیک بالاتر از سمت دیگر می باشد

است. با توجه به کاهش معنی دار میزان شاخص  $L^*$  (از تیمار 3%) و افزایش معنی دار میزان شاخص  $a^*$  (از تیمار 3%) و  $b^*$  رنگ کیک، می توان گرفت که با افزایش درصد جایگزینی پودر قرمزی-سبزی و زردی-آبی تاثیر معنی داری ندارد.

**Table 5** Effect of pomegranate peel powder on color indices of sponge cake.

Treatments	$L^*$	$a^*$	$b^*$	
Blank	58.50 <sup>a</sup> ±0.94	2.81 <sup>g</sup> ±0.31	8.79 <sup>e</sup> ±1.87	
210 $\mu$	1.5%	57.58 <sup>a</sup> ±1.10	3.23 <sup>fg</sup> ±0.25	10.79 <sup>d</sup> ±0.52
	3%	55.46 <sup>b</sup> ±0.77	3.57 <sup>efg</sup> ±0.01	11.57 <sup>cd</sup> ±0.41
	4.5%	53.49 <sup>c</sup> ±0.98	4.52 <sup>de</sup> ±0.45	12.55 <sup>bc</sup> ±0.46
	6%	52.36 <sup>c</sup> ±0.95	6.63 <sup>c</sup> ±0.52	12.94 <sup>ab</sup> ±0.17
	7.5%	50.53 <sup>d</sup> ±0.65	7.67 <sup>ab</sup> ±1.34	13.78 <sup>ab</sup> ±0.49
500 $\mu$	1.5%	57.48 <sup>a</sup> ±1.01	2.84 <sup>fg</sup> ±0.23	10.95 <sup>d</sup> ±0.2
	3%	55.51 <sup>b</sup> ±0.81	3.89 <sup>ef</sup> ±0.15	11.61 <sup>cd</sup> ±0.47
	4.5%	52.56 <sup>c</sup> ±0.96	4.93 <sup>d</sup> ±0.17	12.66 <sup>abc</sup> ±0.22
	6%	52.52 <sup>c</sup> ±0.89	6.72 <sup>bc</sup> ±0.4	13.94 <sup>a</sup> ±0.91
	7.5%	50.28 <sup>d</sup> ±0.90	7.79 <sup>a</sup> ±0.98	13.70 <sup>ab</sup> ±0.15

\* Values are means  $\pm$  standard deviations. Values with different letter within same columns are significantly different ( $P < 0.05$ ).

باعث کاهش حجم کیک و در نهایت منجر به تولید کیک با بافت متراکم تر شده که در افزایش تیرگی مغز کیک موثر است [22، 24 و 31]. مشابه این نتایج در تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین، مبنی بر کاهش مقدار روشنایی و افزایش مولفه قرمزی-سبزی، با افزایش درصد جایگزینی منابع مختلف فیبرهای غذایی (پودر نوعی کاکتوس، تفاله سیب و پودر چای سبز) مشاهده شد [4، 14 و 24].

### 3-8- بررسی بافت کیک

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول 6، با افزایش درصد پودر پوست انار و کاهش اندازه ذرات بصورت معنی داری ( $p < 0.05$ ) سفتی بافت و صمغیت افزایش و پیوستگی و ارتجاع پذیری آن کاهش می یابد.

از آنجا که دمای مغز کیک برای واکنش های میلارد و کاراملیزاسیون به اندازه کافی بالا نمی باشد، رنگ مغز بیشتر به وسیله ی ترکیبات استفاده شده در دستورالعمل کیک تحت تاثیر قرار می گیرد. پودر پوست انار دارای رنگ تیره تری (بدلیل رنگدانه های طبیعی موجود در آن) در مقایسه با آرد کیک است که عامل اصلی کاهش میزان  $L^*$  و افزایش  $a^*$  و  $b^*$  کیک با افزایش درصد جایگزینی پودر پوست انار می باشد. بنظر می رسد در مطالعه حاضر اندازه ذره تاثیر معنی داری بر رنگ کیک نداشته است. یکی دیگر از دلایل افزایش تیرگی مغز کیک تولید کیک با بافت متراکم تر در اثر افزودن پودر پوست انار است [22]. همچنین با افزایش جایگزینی آرد کیک با پودر پوست انار مقدار ترکیبات هیدروکلوئیدی و فیبر آن افزایش می یابد. این ترکیبات با تضعیف شبکه گلوئتی،

**Table 6.** Effect of pomegranate peel powder on textural properties of sponge cake.

Treatments	Hardness (g)	Cohesiveness	Springiness	Gumminess (g)	
Blank	1.38 <sup>i</sup> ±0.007	0.52 <sup>c</sup> ±0.0	0.76a±0.004	1.50a±0.01	
210 $\mu$	1.5%	1.42 <sup>h</sup> ±0.008	0.53a±0.0	0.76a±0.004	0.61h±0.01
	3%	1.62 <sup>f</sup> ±0.009	0.50e±0.0	0.75b±0.004	0.72g±0.02
	4.5%	1.72 <sup>d</sup> ±0.009	0.47 <sup>g</sup> ±0.0	0.75b±0.004	0.78a±0.0
	6%	1.87 <sup>b</sup> ±0.010	0.45 <sup>h</sup> ±0.0	0.75b±0.004	0.95a±0.0
	7.5%	1.91 <sup>a</sup> ±0.010	0.43 <sup>h</sup> ±0.0	0.74c±0.004	1.06b±0.0
500 $\mu$	1.5%	1.56 <sup>g</sup> ±0.008	0.52b±0.0	0.75b±0.004	0.62h±0.01
	3%	1.66 <sup>c</sup> ±0.009	0.51d±0.0	0.75b±0.004	0.73g±0.01
	4.5%	1.82 <sup>c</sup> ±0.010	0.48f±0.0	0.75b±0.004	0.84e±0.0
	6%	1.90 <sup>a</sup> ±0.010	0.45i±0.0	0.74c±0.004	0.93d±0.01
	7.5%	1.91 <sup>a</sup> ±0.010	0.44 <sup>i</sup> ±0.0	0.74c±0.004	1.00b±0.0

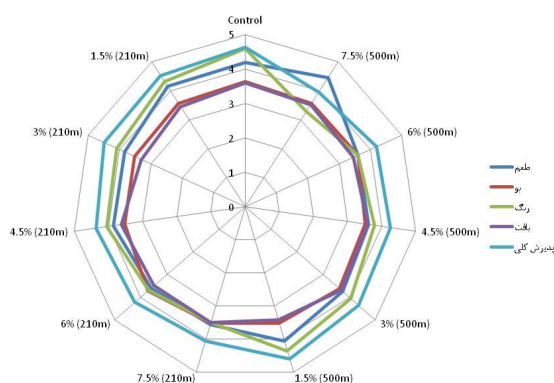
\* Values are means  $\pm$  standard deviations. Values with different letter within same columns are significantly different ( $P < 0.05$ ).



افزایش در سفتی بافت می باشد [5]. نتایج بدست آمده در این پژوهش با نتایج بدست آمده توسط کیم و همکاران (2012)، شارویا و همکاران (2013)، عطایی و حجت الاسلامی (2017) در مورد بکار بردن پودر کاکتوس، تفاله هویج و پودر برگ زیتون مطابقت دارد [5، 17 و 19].

### 3-9- ارزیابی حسی

نتایج حاصل از ارزیابی حسی نشان داد که اضافه کردن پودر پوست انار به فرمولاسیون کیک اسفنجی تاثیر مثبتی بر ارزیابی حسی کیک نداشته و موجب کاهش معنی دار خصوصیات حسی نظیر طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی شده است (شکل 1).



**Fig 1** Sensory evaluation of sponge cakes enriched with pomegranate peel powder

در بین نمونه‌های حاوی پودر پوست انار، نمونه حاوی 1/5 درصد پودر پوست انار، در مقایسه با سایر فرمول‌ها دارای بیشترین پذیرش کلی و نمونه حاوی 7/5 درصد پودر پوست انار دارای کمترین امتیاز است. در مقایسه نمونه‌ها با یکدیگر نمونه کیک حاوی 1/5 درصد پودر پوست انار با اندازه ذرات 500 میکرون دارای پذیرش کلی نزدیک تری به نمونه کنترل بود. با توجه به خواص مطلوب تغذیه‌ای پودر پوست انار (نظیر فیبر، ترکیبات فنولیک و آنتی‌اکسیدانی) آگاهی دادن به مصرف کننده در این خصوص، می‌تواند باعث پذیرش بهتر محصول علی‌رغم کاهش نسبی خصوصیات حسی گردد. مجذوبی و داراب زاده (2012) تاثیر داشتن اطلاعات تغذیه‌ای را بر نظریات مشتریان در مورد کیفیت کیک حاوی آرد جوانه گندم بررسی نمودند. بر اساس نتایج آنها کیک حاوی 15 درصد آرد جوانه گندم که دارای اطلاعات تغذیه‌ای بر روی

سفتی بافت همبستگی زیادی با حجم کیک دارد که به میزان حباب هوای نگه داشته شده در خمیر کیک مربوط می‌شود. با افزایش سطح جایگزینی پودر پوست انار و کاهش اندازه ذرات، حباب‌های هوای کمتری حین مخلوط‌سازی خمیر به دام افتاده و حجم کیک‌ها کاهش یافت و بنابراین سفتی و فشردگی بافت کیک بیشتر شد. بعلاوه افزایش بیش از حد قوام خمیر با افزایش درصد جایگزینی مانع از انبساط مناسب خمیر کیک در حین پخت و ایجاد حجم و بافت مطلوب در محصول گردید. از سوی دیگر با افزایش جایگزینی آرد کیک با پودر پوست انار مقدار ترکیبات هیدروکلوئیدی و فیبر آن افزایش یافت. این ترکیبات با تضعیف شبکه‌ی گلوآنی، باعث کاهش حجم کیک و تولید محصولی با بافت فشرده‌تر و سفت‌تر شدند. افزایش سفتی بافت کیک با افزایش درصد جایگزینی منابع مختلف فیبری (تفاله سیب، پودر نوعی کاکتوس و پودر چای سبز) در محصولاتی همچون کیک و نان توسط سایر محققین نیز مشاهده شده است [4، 14 و 24]. پیوستگی مقاومت درونی ساختارهای غذایی را اندازه می‌گیرد و به معنی توانایی ترکیبات کیک در کنار هم ماندن است [20]. با افزایش میزان پودر پوست انار انسجام و پیوستگی کیک تولیدی در مقایسه با نمونه کنترل کاهش معنی‌داری را نشان داد که این کاهش بدلیل افزایش دانسیته خمیر بوده است. همچنین پودر پوست انار، موجب افزایش محتوای فیبر و تضعیف شبکه گلوآنی می‌شود که به کاهش پیوستگی بافت کیک‌های حاصل می‌انجامد [23]. ارتجاع پذیری (فنریت یا الاستیسیته)، نشان دهنده توانایی بازگشت نمونه به حالت اول بعد از تغییر شکل وارد شده در کمپرس اول است. از آنجا که ارتباط مستقیمی بین حجم کیک و سفتی بافت با حالت فنریت وجود دارد، با افزایش سطح جایگزینی، حجم کیک کاهش و سفتی بافت افزایش می‌یابد که موجب کاهش حالت فنریت در کیک‌های حاصل می‌گردد. به طور کلی پودر پوست انار موجب افزایش محتوای فیبر و خاصیت جذب آب خمیر شده، در نتیجه قوام خمیر افزایش و حجم کیک کاهش می‌یابد. بنابراین کیک با بافت سفت و الاستیسیته کم تولید می‌کند [20، 22]. صمغی بودن بافت بیانگر انرژی لازم برای جویدن و تبدیل شدن نمونه به حالت خمیری می‌باشد که رابطه مستقیمی با سفتی کیک دارد. افزایش در ویژگی صمغی بودن کیک با افزایش پودر پوست انار نسبت به نمونه کنترل بدلیل

2014. Effects of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies, *International Journal of Food Science and Nutrition*. 1-6.
- [3] Valencia, N.V., Pérez, E.G., Acevedo, E.A., Tovar, J., Ruales, J., Bello-Pérez, L.A. 2007. Fibre concentrate from mango fruit: characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient, *LWT- Food Science and Technology*. 40, 722-729.
- [4] Sudha, M.L., Baskaran, V., Leelavathi, K. 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making, *Food Chemistry*. 104, 686-692.
- [5] Sharoba, A.M., Farrag, M.A., Abd El-Salam, A.M. 2013. Utilization of some fruits and vegetables waste as a source of dietary fiber and its effect on the cake making and its quality attributes, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 19(4), 429-444.
- [6] Majzoubi, M., Karambakhsh, G. 2014. Effect of palm seed powder on batter and cake quality. *Proceedings of the First National Congress on Snack Foods*; May 10-11; Mahhad, Iran. [in Persian]
- [7] Akhtar, S., Ismail, T., Fraternal, D., Sestili, P. 2015. Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features, *Food Chemistry*. 174, 417-425.
- [8] El-Said, M.M., Haggag, H.F., Fakhri, H.M., Gad, A.S., Farahat, A.M. 2014. Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts, *Annals of Agricultural Sciences*. 59(2), 207-212.
- [9] El-Nashi, H.B., Abdel Fattah, A.F.A.K., Abdel Rahman, N.R., Abd El-Razik, M.M. 2015. Quality characteristics of beef sausage containing pomegranate peels during refrigerated storage. *Annals of Agricultural Sciences*. 60(2), 403-412.
- [10] Sulieman, A.M.E., Babiker, W.A.M., Elhardallou, S.B., Elkhalfifa, E.A., Veetil, V.N. 2016. Influence of enrichment of wheat bread with pomegranate (*Punica granatum L*) peels by-products, *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*. 6(1), 9-13.
- [11] Abid, M., Yaich, H., Hidouri, H., Attia, H., Ayadi, M.A. 2018. Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on

بسته بندی خود نبود به طرز معنی داری امتیاز منفی بیشتری در مقایسه با همان کیک که دارای اطلاعات تغذیه‌ای بود داشت، این به معنی تاثیر بسزای اطلاع رسانی بر قابلیت بازار پسنندی محصول است [31]. در مورد نمونه کیک تولید شده در این پژوهش نیز به نظر می‌رسد درج اطلاعات تغذیه‌ای منجر به پذیرش بهتر نمونه کیک علی‌رغم افت نسبی خصوصیات حسی آن خواهد شد.

#### 4- نتیجه گیری

افزودن پودر پوست انار در فرمولاسیون کیک از طرفی موجب افزایش ارزش تغذیه‌ای آن به جهت خصوصیات مثبت پودر پوست انار به عنوان یک منبع بالقوه فیبر تغذیه‌ای و املاح با خواص دارویی و سلامت بخش گردیده و از سوی دیگر بر پارامترهای کیفی کیک تأثیرگذار است. با افزایش درصد جایگزینی و کاهش اندازه ذرات میزان فوam و دانسیته خمیر کیک، همچنین حجم مخصوص و شاخص تقارن کیک به طور معنی‌داری افزایش و تخلخل کیک کاهش یافت. همچنین مشخص شد که افزایش درصد پودر پوست انار در فرمولاسیون کیک موجب افزایش سفتی و صمغیت و کاهش پیوستگی شد. بعلاوه افزودن پودر پوست انار به کیک موجب حفظ رطوبت در کیک طی زمان نگهداری شده و از دست رفتن رطوبت و سفت شدن کیک را به تاخیر انداخت. در ارزیابی حسی نمونه‌ها نزدیک‌ترین نمونه به کیک شاهد نمونه حاوی 1/5 و 3 درصد پودر پوست انار بود. بنابراین با توجه به مطالعه حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پودر پوست انار میتواند به عنوان یک جز غذایی سلامت بخش برای غنی‌سازی محصولات غذایی در نظر گرفته شود. هر چند مطالعات بیشتری جهت بررسی اثرات سم‌شناسی<sup>18</sup> پودر پوست انار در سطوح مورد مطالعه در این تحقیق مورد نیاز است.

#### 5- منابع

- [1] Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M., Bourgeois, C.M. 1997. Dietary fibres: nutritional and technological interest, *Trends in Food Science and Technology*. 81, 41-48.
- [2] Ismail, T., Akhtar, S., Riaz, M., Ismail, A.

18. Toxicological

- Ruiz, E., Caballero, P.A. 2009. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes, *Food Science and Technology*. 43, 33-38.
- [23] Majzoobi, M., Pashangeh, S., Farahnaky, A. 2013. Effect of different particle sizes and levels of wheat bran on the physical and nutritional quality of sponge cake, *International Journal of Food Engineering*. 9(1), 29-38.
- [24] Lu, T.M., Lee, C.C., Maud, J.L., Lin, Sh.D. 2010. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake, *Food Chemistry*. 119, 1090-1095.
- [25] Majzoobi, M., Vosooghi Poor, Z., Jamalian, J., Farahnaky, A. 2016. Improvement of the quality of gluten-free sponge cake using different levels and particle sizes of carrot pomace powder, *International Journal of Food Science and Technology*. 51 (6), 1369-1377.
- [26] Salehi, F., Kashaninejad, M., Alipour, N. 2016. Physicochemical, sensory and textural properties of sponge cake enriched with apple pomace, *Journal of Innovation in Food Technology*. 3(11), 39-47 [In Persian].
- [27] Al-Sayed, H., Ahmed, A.R. 2013. Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake, *Annals of Agricultural Sciences*. 58, 83-95.
- [28] Lee, S., Kinney, M.P., Inglett, G.E. 2005. Rheological characterization of a new oat hydrocolloid and its application in cake baking, *Cereal Chemistry*. 82, 717-720.
- [29] Shelke, K., Hosney, R.C., Faubion, J.M., Curban, S.P. 1992. Age - related changes in the cake - baking quality of flour milled from freshly harvested soft wheat, *Cereal Chemistry*. 69 (2), 141-144.
- [30] Azadmard Damirchi, S., Raie, P. 2015. The effects of date concentrate powder on shelf-life, quantitative and qualitative properties of sponge cake, *Iranian Journal of Biosystem Engineering*. 46(4), 399-404 [in Persian].
- [31] Majzoobi, M., Darabzadeh, N., Farahnaky, A. 2012. Effects of percentage and particle size of wheat germ on some properties of batter and cake, *Journal of Agricultural Science and Technology*. 14 (4), 827-836.
- colour, textural and sensory properties of pomegranate jam, *Food Chemistry*. 239, 1047-1054.
- [12] St. Paul, MN. 2000. Approved Methods of the AACC, American Association of Cereal Chemists.
- [13] Singh, R., Chidambara Murthy, K., Jayaprakasha, G. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models, *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 50(1), 81-86.
- [14] Ayadi, M.A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M., Attia, H. 2009. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making, *Industrial Crops and Products*. 30, 40-47.
- [15] Lee, S., Inglett, G.E. 2006. Rheological and physical evaluation of jet cooked oat bran in low calorie cookies, *International Journal of Food Science and Technology*. 41(5), 553-559.
- [16] Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A., Rosell, C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes, *Food Hydrocolloids*. 21, 167-173.
- [17] Kim, J.H., Lee, H.J., Lee, H.S., Lim, E.J., Imm, J.Y., Suh, H.J. 2012. Physical and sensory characteristics of fiber enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*, *LWT-Food Science and Technology*. 47(2), 478-484.
- [18] Zanoni, B., Peri, C., Gianotti, R. 1995b. Determination of the thermal diffusivity of bread as a function of porosity, *Journal of Food Engineering*. 26(4), 497-510.
- [19] Ataei, F., Hojjatoleslami, M. 2017. Physicochemical and sensory characteristics of sponge cake made with olive leaf, *Journal of Food Measurement and Characterization*. 11(4), 2259-2264.
- [20] Bourne, M.C. 2002. Food texture and viscosity concept and measurement, San Diego. Academic Press. p. 15-32.
- [21] Ranjitha, J., Bhuvaneshwari, G., Terdal, D., Kavya, K. 2018. Nutritional composition of fresh pomegranate peel powder. *International Journal of Chemical Studies*. 6(4), 692-696.
- [22] Gomez, M., Moraleja, A., Oliete, B.,

## Effect of incorporation of pomegranate peel powder on the physicochemical and sensory characteristics of sponge cakes

Malekpour, Z.<sup>1</sup>, Ansari, S.<sup>2\*</sup>

1. M.Sc. Graduated student, Department of Food Science and Technology, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.

(Received: 2019/07/24 Accepted:2020/05/02)

Pomegranate peel, a waste generated from fruit processing industry, is known as a potential source of bioactive ingredients such as polyphenols, minerals and fibers. In this study, the chemical composition and functional properties of pomegranate peel powder (PPP) were determined and it was applied as a substitute of wheat flour in formulation of sponge cake at five levels of 1.5, 3, 4.5, 6 and 7.5% and two particle sizes of 210 and 500 microns. Then, the physical properties of the batter and the chemical, physical and sensory properties of the resulting sponge cake were examined. The chemical analysis of PPP showed that this powder was high in fiber, minerals especially potassium and calcium, and phenols. By increasing the PPP level and decreasing its particle size, batter consistency and density, as well as cake specific volume and symmetry index were significantly increased, while the porosity of the cake decreased. The chemical analysis of the cakes also showed a significant increase in the moisture content, ash, total fiber, and the decreasing trend of the protein, carbohydrate and energy content by increasing the percentage of PPP. In addition, samples containing higher levels of PPP had a lower L\* index and higher a\* and b\* indices and were, therefore, darker, more reddish and yellowish. According to texture analysis, cakes with a higher percentage of PPP had more hardness and gumminess, and less cohesiveness. Based on the sensory analysis, the closest sample to the control was a cake containing 1.5% PPP with a particle size of 500 microns. Overall, it can be concluded that replacing less than 4.5% PPP can produce a cake with good quality properties and higher nutritional value.

**Keywords:** Pomegranate peel powder, Sponge cake, Fiber, Phenol content, Physicochemical properties.

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: ansari.fse@gmail.com