بررسی ویژگی‌های فیزیکی کیک بدون گلوتن حاوی پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز

زینب سعیدی[۱]، بهزاد ناصحی[۲و۳*]، حسین جوینده[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲- دانشیارگروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران
۳- دانشیارگروه صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(تاریخ دریافت: ۹٦/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹٦/۰۷/۰۲)

چکیده

در بیماری سلیاک که عدم تحمل دائمی به بعضی پرولامین‌های غلات می‌باشد، مصرف محصولات بدون گلوتن در رژیم غذایی بسیار مهم است. اما مصرف کنندگان به خرید فرآورده‌های بدون گلوتن به دلیل ویژگی‌های بافتی نامطلوب تمایل ندارند. بنابراین، بهبود کیفیت این محصولات با توجه به جنبه تکنولوژیکی برای پژوهشگران صنایع غذایی بسیار مهم است. هدف از این پژوهش بررسی اثر افزودن پودر هسته انار در دامنه ۰ تا ۵۰ درصد و آنزیم ترانس گلوتامیناز در دامنه ۰ تا ۱/۲ درصد بر ویژگی‌هایفیزیکی، ساختار مغز، بافت سطحی و رنگ‌کیک بدون گلوتن بود. یافته‌های حاصل افزایش تباین، شاخص قرمزی و زردی مغز و دانسیته کیک‌های بدون گلوتن تولیدی بود. از سوی دیگر، شاخص روشنایی پوسته و مغز و هم‌چنین حجم کیک‌های تولیدی کاهش یافت.به طور کلی، نتایج بهینه‌یابی نشان داد که تیمار دارای ۲۸/۰٤ درصد پودر هسته انار و ۰/۲۹ درصد آنزیم ترانس گلوتامیناز بهترین کیفیت را دارا بود.

کلید واژگان : پردازش تصویر، انار، فراسودمند

* مسئول مکاتبات: Nasehi.b@pnum.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]

۱- مقدمه

بیماری سلیاک با عدم تحمل دائمی به بعضی پرولامین‌های غلات همراه می‌باشد. گلیادین گندم، سکالین چاودار، هوردئین جو و آونین یولاف در بروز بیماری سلیاک نقش دارند [۱]. نشانه‌های این بیماری طیف گسترده‌ای دارد و از موارد بدون علامت تا همراه با علایم آشکار بالینی را شامل می‌شود. در کودکی بیماری با سوء جذب و نقص رشد و در بزرگسالی معمولا با علایم غیر اختصاصی مانند سوء هاضمه، تغییرات اجابت مزاج یا با علایم غیر گوارشی خود را نشان می‌دهد. شیوع بیماری سلیاک برای جمعیت آمریکا ۰/۷ درصد گزارش شده، و برای کشورهای توسعه یافته‌ای مانند استرالیا ۰/٤ درصد، نیوزلند ۱/۱درصدگزارش شده است. برای تولید غذاهای بدون گلوتن مناسب برای این بیماران، از نشاسته‌ها (ذرت، سیب زمینی و برنج)، آرد غلات مانند برنج، ذرت، ارزن وسورگوم و شبه غلات مانند آمارانت،گندم سیاه وگنهگنه، محصولات پروتئینی مانند شیر، سویا و تخم‌مرغ استفاده می‌شود [۲]. مصرف محصولات بدون گلوتن مانند کیک که در سراسر جهان توسط همه سنین مصرف می‌شود،به عنوان جایگزینی برای غذاهای حاوی گلوتن برای رژیم غذایی و تغذیه بیماران سلیاکی بسیار مهم است. در فرآورده‌های بدون گلوتن به دلیل ویژگی‌های بافتی نامطلوب که مربوط به عدم وجود گلوتن می‌باشد، تمایل مصرف کنندگان به خرید این محصولات کاهش می‌یابد. بنابراین، بهبود کیفیت این محصولات با بکارگیری موادی مانند آنزیم‌هایترانس گلوتامیناز و گلوکز اکسیداز برای ایجاد اتصالات عرضی در جهت بهبود بافت فرآورده دست یافتنی است [۳]. روزانه مقدار زیادی ضایعات از صنعت فرآوری مواد غذایی نظیر تولیدآبمیوه، ژله، آبنبات و برش تازه میوه‌تولید می‌شوند. حدود ۳۰ تا ۹۰ درصد از کل میوه‌های فرآوری شده شامل پوست، دانه و تفاله وارد چرخه ضایعات می‌شوند. این محصولات جانبی حاوی فیبر، ترکیبات فنلی، کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌هامی‌باشند. معمولا از آن‌ها برای تولید خوراک دام استفاده می‌شود و یا به علت دور ریز زمینه مشکلات زیست محیطی را فراهم می‌آورند.این در حالی است که با توجه به ویژگی کارکردی، فنی و تغذیه‌ای آنها، می‌توانند به عنوان اجزای فراسودمند در فرمول محصولات غذایی استفاده شوند [٤]. انار یک عضو از خانواده پونیکاسه (*Punicaceae*) می‌باشد و یکی از میوه‌هایی است که ترکیبات زیست فعال مهمی چون ترکیبات فنلی دارد. هم‌چنین غنی از اسیدهای آلی، مواد معدنی (پتاسیم)، ویتامین‌ها (K ،A،C) واسید فولیک نیز هست که به طور گسترده در ترکیب داروها و مکمل‌های غذایی استفاده می‌شود [۵]. دانه‌های انار به عنوان محصول فرعی بعد از فرآیند آبگیری، محسوب می‌شوند که محتوی مقدار زیادی روغن، پروتئین، قند و مواد معدنی ضروری می‌باشند. میزان روغن موجود در دانه‌های انار ۲۰-۱۲درصد از کل وزن دانه می‌باشد.که تقریبا ۸۰درصد روغن دانه‌های انار به صورت کنژوگه می‌باشد [٦]. هم‌چنین پودر بدست آمده از دانه‌های خشک شده انار را می‌توان به عنوان محصولی نو و باکارآیی بالا در صنایع غذای و دارویی مورد استفاده قرار داد. این محصول دارای ترکیبات شیمیایی فعال و پایدار می‌باشد، علاوه بر اینکه حمل و نقل، بسته بندی و انبارداری آن بسیار راحت می‌باشد [۷]. ازاین رو هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ویژگی‌های فیزیکی، رنگ‌سنجی و ساختار مغز کیک بدون گلوتن می‌باشد تا زمینه تأمین مواد مغذی ضروری برای بیماران سلیاکی فراهم شود.

۲-مواد وروش‌ها

۲-۱-مواد

مواد مورد نیاز شامل آرد برنج (شرکت پودرینه شمال، ایران)، صمغ زانتان (E415(Rhodia Food, France، آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی (BDF Natural Ingredients, Spain) ، روغن نباتی (شرکت صنعتی بهشهر، ایران)، بیکینگ پودر مهسا (شرکت افزودنی‌ها، ایران) شیرخشک بدون چربی (شرکت پارسیان صنعت شایان، ایران)، تخم مرغ (شرکت صنایع تخم مرغ تلاونگ، ایران) خریداری شد.انارها از بازار میوه و تره بار خریداری و به آزمایشگاه انتقال یافت و پس از شست و شو،آب‌گیری شدند.سپس هسته‌های باقی مانده ابتدا به مدت دو روز در دمای اتاق خشک و سپس جهت خشک شدن نهایی و تا رسیدن به وزن ثابت به مدت ٢٤ ساعتدر آون با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گرادقرار داده شد. در پایان هسته‌های خشک شده جهت استفاده در فرمول‌ها با استفاده از آسیاب

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]

الکتریکی مدل (Perten Instruments AB) خرد شدند تا از الک با مش ۳۰ عبور کنند.

۲-۲-روش‌ها

۲-۲-۱- ارزیابی آردها

میزان رطوبت پودر هسته انار و آرد برنج طبق روش شماره ۱٦- ٤٤، خاکستر طبق روش شماره ۰۱ -۰۸، چربی طبق روش شماره۲۵-۳۰، پروتئین به روش کجلدال و با استفاده از روش شماره۱۲-٤٦، pH طبق روش شماره ۵۲-۰۲ از استاندارد AACC تعیین شدند [۸]. میزان فیبرخام طبق روش استاندارد ۹۹۱/٤۳ -AOAC محاسبه شد [۹]. ویژگی‌های رنگ شامل روشنی (شاخص L^*)، گرایش به قرمزی (شاخص a^*) و گرایش به زردی (شاخص b^*) پودر هسته انار و آرد برنج با استفاده از دستگاه رنگ سنج کونیکامینولتا (مدل٤۰۰- CR، ژاپن) اندازه گیری شد.

۲-۲-۲- تولید کیک

نمونه‌های کیک با استفاده از روش عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) تولید شد. بدین منظور ابتدا ترکیبات مورد نظر شامل آرد برنج، پودر هسته انار، صمغ زانتان، آنزیم ترانس گلوتامیناز، بیکینگ پودر و شیرخشک، به طور کامل با یکدیگر مخلوط شدند. شکر و روغن را در ظرف دیگری مخلوط نموده تا به صورت مایع کرم رنگی در آید. سپس تخم مرغ‌های زده شده به مخلوط شکر و روغن اضافه و ۵ دقیقه تا مخلوط شدن کامل همزده شدند. در این مرحله، ترکیبات خشک فرمول و هم‌چنین آب، به طور همزمان به این مخلوط اضافه و بهمدت ۳ دقیقه با دور پایین همزن، مخلوط شدند. خمیر آماده شده به قالب‌های با ابعاد۳×۳×۳ سانتی‌متر منتقل و به مدت٤۰ دقیقه، در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد در فر گازی پخته شدند. در پایان پس از سرد شدن، هریک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی و در دمای محیط برای انجام آزمون‌ها نگهداری شدند [۱۰].

۲-۲-۳- ارزیابی ویژگی‌های کیک

اندازه گیری حجم نمونه‌ها با روش جابجایی دانه کلزا با اندکی تغییرات بر اساس روش شماره ۵۰-۱۰ از استاندارد AACC انجام گرفت[۸]. دانسیته کیک‌ها با تعیین نسبت وزن به حجم محاسبه شد. ویژگی‌های تصویری با استفاده از یک سیستم آنالیز تصویر شامل یک دوربین تصویر برداری دیجیتال مدلSx60HS (canon، Japan) و یک کامپیوتر شخصی مورد مطالعه قرار گرفت. ابتدا توسط دوربین دیجیتالی که در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از نمونه‌هادرون یک جعبه سیاه (با ابعاد تقریبی۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰) و در شرایط نور پردازی با زاویه ٤۵ در جهت وسط لامپ‌های فلئورسنتی، تصویر برداری انجام شد. سپس از هر تیمار ۳ نمونه و از هر نمونه چندین تصویراز مغز نمونه‌ها تهیه و به فرم رنگی (۲٤ بیتی) ذخیره شد. تصاویر با نرم افزار ایمیج جی ارزیابی وپارامترهای تخلخل (نسبت سطح کل حفرات به سطح کل تصویر)، مساحت سلول‌ها، دانسیته سلولی (نسبت تعداد حفرات به سطح کل تصویر) از تصاویر دو دویی استخراج گردید. هم‌چنین تباین[1] و لحظه تفاوت معکوس[2] (همگنی) با استناد به پژوهش نوری و همکاران (۲۰۱۷) محاسبه شد [۱۱]. رنگ پوسته و مغز نمونه‌ها نیز با استفاده از مدل رنگی L^*، a^*، b^*، تعیین شد.

۳-آنالیز آماری

در این پژوهش برای ارزیابی داده‌ها و بهینه‌یابیفرمول از نرم افزار مینی‌تب نسخه ۱٦ استفاده شد. بدین منظور داده‌های آزمایشی با استفاده از طرح مرکب مرکزی[3]برای بررسی اثر دو متغیر پودر هسته انار (۰-۵۰٪) و آنزیم ترانس گلوتامیناز (۰-۱/۲٪) بر کیفیت کیک بدون گلوتن، طراحی شدند.آنالیز واریانس برای تعیین معنی‌دار بودن هریک از جملات در معادله رگرسیونی انجام شد.همچنین به منظور بررسی کفایت مدل‌ها، شاخص‌های عدم برازش[4]، ضریب تعیین[5](R^2)، ضریب تعیین تعدیل شده[6]($adj\text{-}R^2$)، ضریب تغییرات(CV)، و مجموع مربعات خطای برآورد[7](PRESS) بررسی شد. برای بهینه‌یابی پاسخ‌های چندگانه از تکنیک بهینه‌سازی همزمان و توابع مطلوبیت بر اساس جدول ۱،استفاده شد [۱۱].

1. Contrast
2. Inverse Difference Moment
3.Central composite design
4. Lack-of-fit
5. Coefficients of determination
6. Adjusted coefficients of determination
7. Prediction error sum of squares

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]

Table 1 Variables used in optimization gluten-free cake treatments

Parameter	Goal	Lower	Target	Upper
L*crust	Target	39.64	53.88	59.16
L*crumb	Maximum	42.84	57.50	-
Volume	Maximum	15.88	25.60	-
contrast	Minimum	-	16	31.19

٤- نتایج و بحث

٤-١- ویژگی‌های آردها

ویژگی‌های پودر هسته انار و آرد برنج در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که پودر هسته انار نسبت به آرد برنج غنی‌تر از پروتئین، چربی، خاکستر و فیبر رژیمی است. همچنین شاخص روشنایی(L*) پودر هسته انار نسبت به آرد برنج پایین‌تر ولی شاخص قرمزی (a*) آن بالاتر می‌باشد. به عبارتی دیگر، پودر هسته انار به عنوان یک محصول فرعی حاصل از کارخانه‌های فرآوری انار به علت ترکیبات ارزشمند آن می‌تواند برای بهبود ارزش تغذیه‌ای فرآورده‌های غذایی استفاده شود.

Table 2 Physicochemical properties of pomegranate seed and rice flour

Parameters	Pomegranate seed powder	Rice flour
L*	48.49	84.40
a *	7.47	-0.44
b *	20.39	7.49
Ph	5.85	6.32
Moisture, %	3.95	5.10
Protein, %	18.80	9.11
Oil, %	19.20	1.25
Ash, %	1.70	0.70
Dietary fiber, %	20.00	4.07

٤-٢-ویژگی‌های کیک

روند تغییرات حجم نمونه‌های کیک در جدول ۳، نشان می‌دهد، که پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز دارای اثر خطی مثبت اما غیر معنی‌دار بر روی حجم نمونه‌های کیک تولید شده می‌باشند. اثرات درجه دوم پودر هسته انار منفی و غیر معنی‌دار ولی اثر درجه دوم آنزیم ترانس گلوتامیناز بر روی حجم نمونه‌ها مثبت اما غیرمعنی‌دار بود. اثر متقابل آن‌ها نیز منفی و در سطح ($p<۰/۰۱$) معنی‌دار شد. شاخص عدم برازش برای این صفت غیر معنی‌دار بود. نتایج پژوهش محمدی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که فرمول‌های حاوی ۱۰($U/g^{-1}pr$) آنزیم ترانس گلوتامیناز سبب کاهش معنی‌دار حجم مخصوص نان‌های بدون گلوتن تولیدی شدکه علت را این گونه بیان نمودند، فعالیت آنزیم ترانس گلوتامیناز منجر به ایجاد پیوندهای عرضی بین گلوتامین و لیزین می‌شود و بنابراین از توسعه سلول‌های گازی در حین تخمیر جلوگیری و در نهایت منجر به کاهش حجم می‌شود، نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۱۲]. بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی، حسی وکیفی کیک برنجی بدون گلوتن مشاهده نمودند که با افزودن آرد سورگوم و آرد نخود جوانه‌زده به فرمولاسیون، حجم به طور معنی‌داری نسبت به کیک برنجی بدون گلوتن کاهش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد[۱۳].

بررسی تغییرات دانسیته در جدول ۳، نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در این پژوهشازR^2 وR^2adj متناسب، بالا و معنی‌داری برخوردار است. به طوری که پودر هسته انار دارای اثرات خطی و درجه دوم منفی و غیر معنی‌دار بر روی دانسیته می‌باشد. آنزیم ترانس گلوتامیناز نیز دارای اثر خطی منفی غیر معنی‌دار و اثر درجه دوم منفی و معنی‌دار در سطح ($p<۰/۰۵$) می‌باشد. اما اثر متقابل این دو متغیر بر روی دانسیته مثبت و معنی‌دار ($p<۰/۰۰۰۱$) می‌باشد که حاکی از افزایش دانسیته تیمارها با افزایش میزان پودر هسته انار وآنزیم ترانس گلوتامیناز می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده برای حجم کیک‌ها که نشان دهنده کاهش حجم آنها بود، بنابر این کاهش دانسیته کیک‌های بدون گلوتن قابل استناد به دلایل قبلی است(Fig.1f). پژوهش مجذوبی وهمکاران (۲۰۱٦) نشان داد که افزودن پودر تفاله هویج که یک مکمل فیبری است سبب کاهش دانسیته کیک‌های اسفنجی بدون گلوتن تولیدی شده است [١٤].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]

همچنین ضرایب رگرسیون و آنالیز واریانس ویژگی‌های تصویری نمونه‌های کیک بدون گلوتن در جدول ۳ آورده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر خطی افزودن پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز به فرمول کیک سبب افزایش تباین و در نتیجه زبرتر شدن سطح کیک‌های بدون گلوتن تولیدی شد، هر چند که این افزایش معنی‌دار (p<۰/۰۵) نبود (Fig.1a). این درحالی بود که اثر خطی پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز بر میزان همگنی کیک‌ها منفی و غیر معنی‌دار شد(Fig.1d). اما اثر درجه دوم متغیرها تباین را به طور معنی‌داری در سطح(p<۰/۰۵) کاهش و شاخص‌همگنی را افزایش (P<۰/۰۱) داد. اثر متقابل پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز تباین را کاهش و شاخص همگنی را افزایش دادند. به طورمشابه نوری و همکاران (۱۳۹٦) نیز با بررسی ویژگی‌های بافت سطحی دونات‌های تهیه شده با صمغ فارسی و پودر تفاله هویج نشان دادندکه با افزایش درصد پودر تفاله هویج و محتوی آب فرمول، همبستگی و تباین به طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) کاهش و افزایش یافت که بیانگر زبرتر شدن سطح نمونه‌ها در اثر غنی‌سازی بود [۱۵].

Table 3 ANOVA for the physical and image properties of produced gluten- free cakes

Sources	Volume(cm^3)	Density (g/ml)	Cell density(cells/cm2)	Contrast	Average size	Homogeneity
Model (p-value)	5.94*	9.01**	2.25^{ns}	4.17*	2.58^{ns}	2.57^{ns}
β_0	16.42	0.91	0.002	-8.26	-363.019	0.70
β_1	0.4972^{ns}	-0.01^{ns}	-9.46^{ns}	1.28^{ns}	80.24^{ns}	-0.01^{ns}
β_2	11.67^{ns}	-0.20^{ns}	0.001^{ns}	56.35^{ns}	3067.41^{ns}	-0.29^{ns}
$\beta_1\beta_1$	-6.78^{ns}	-2.89^{ns}	2.08^{ns}	-.01*	-0.912^{ns}	0.0001*
$\beta_2\beta_2$	9.65^{ns}	-0.34*	-0.002^{ns}	-31.79*	-1279.52^{ns}	0.19^{ns}
$\beta_1\beta_2$	-1.03^{ns}	0.02****	4.27^{ns}	-0.71^{ns}	-56.32*	0.003^{ns}
Lack of fit (p-value)	4.99^{ns}	715.19****	4.68^{ns}	2.01^{ns}	3.71^{ns}	3.48^{ns}
R^2	80.93	86.55	61.65	75.87	64.85	64.77
R^2-adjust	67.31	76.94	34.25	56.91	39.75	60.39
CV (%)	23.91	20.77	38.08	41.31	30.78	15.17
PRESS	462.46	0.1984	0.00003	815.39	4794	0.12

ns: not significant;*: significant at p<0.05; **: significant at p<0.01; ***: significant at p<0.001

بررسی نتایج آنالیز واریانس ویژگی‌های تصویری کیک بدون گلوتن در جدول ۳ حاکی از آن است که اثر خطی پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز سبب افزایش غیر معنی‌دار میانگین مساحت سلول‌ها شد.اما اثر درجه دوم آنها منفی و غیر معنی‌دار شد. اثر متقابل متغیرها نیز منفی و در سطح(p<۰/۰۵) معنی‌دار شد(Fig.1c). اثر خطی پودر هسته انار بر روی دانسیته سلولی منفی و غیرمعنی‌دار شد و اثر خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز مثبت و غیرمعنی‌دار شد. اثر درجه دوم پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز به ترتیب مثبت غیرمعنی‌دار ومنفی وغیر معنی‌دار شد. اثر متقابل متغیرها مثبت و غیر معنی‌دار شد (Fig.1b). بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکی و حسی کیک برنجی بدون گلوتن نشان داد که افزودن ۲۰ و ۱۵ گرم نشاسته مقاوم به فرمول کیک بدون گلوتن به طور معنی‌دار سبب کاهش دانسیته سلولی شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۱٦]. همچنین جایگزینی آرد خرفهبه دلیل مقادیر زیاد پروتئین سبب افزایش میانگین مساحت سلولی شد[۱۷]. با توجه به نتایج به دست آمده از جدول ۱، پودرهسته انار نیز دارای مقدار زیادی پروتئین می‌باشد که در افزایش میانگین مساحت سلولی مؤثر است.

با توجه به جدول٤، که نتایج آنالیز واریانس ویژگی‌های رنگ‌سنجی پوسته تیمارها را نشان می‌دهد، ملاحظه می‌شود که در شاخص روشنایی(L^*) ، پودر هسته انار دارای اثر خطی منفی ومعنی‌دار(p<۰/۰۱)و اثر درجه دوم منفی غیر معنی‌دار می‌باشد. اما آنزیم ترانس گلوتامیناز دارای اثر معنی‌دار بر روشنایی رنگ پوسته نبود. با این حال اثر متقابل تیمارها منفی (p<۰/۰۱) و معنی‌دار شد(Fig.2a). در مورد شاخص قرمزی(a*) رنگ، اثر خطی و درجه دوم پودر هسته انار منفی و به ترتیب در سطح (p<۰/۰۰۰۱) و (p<۰/۰۵) معنی‌دار شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]

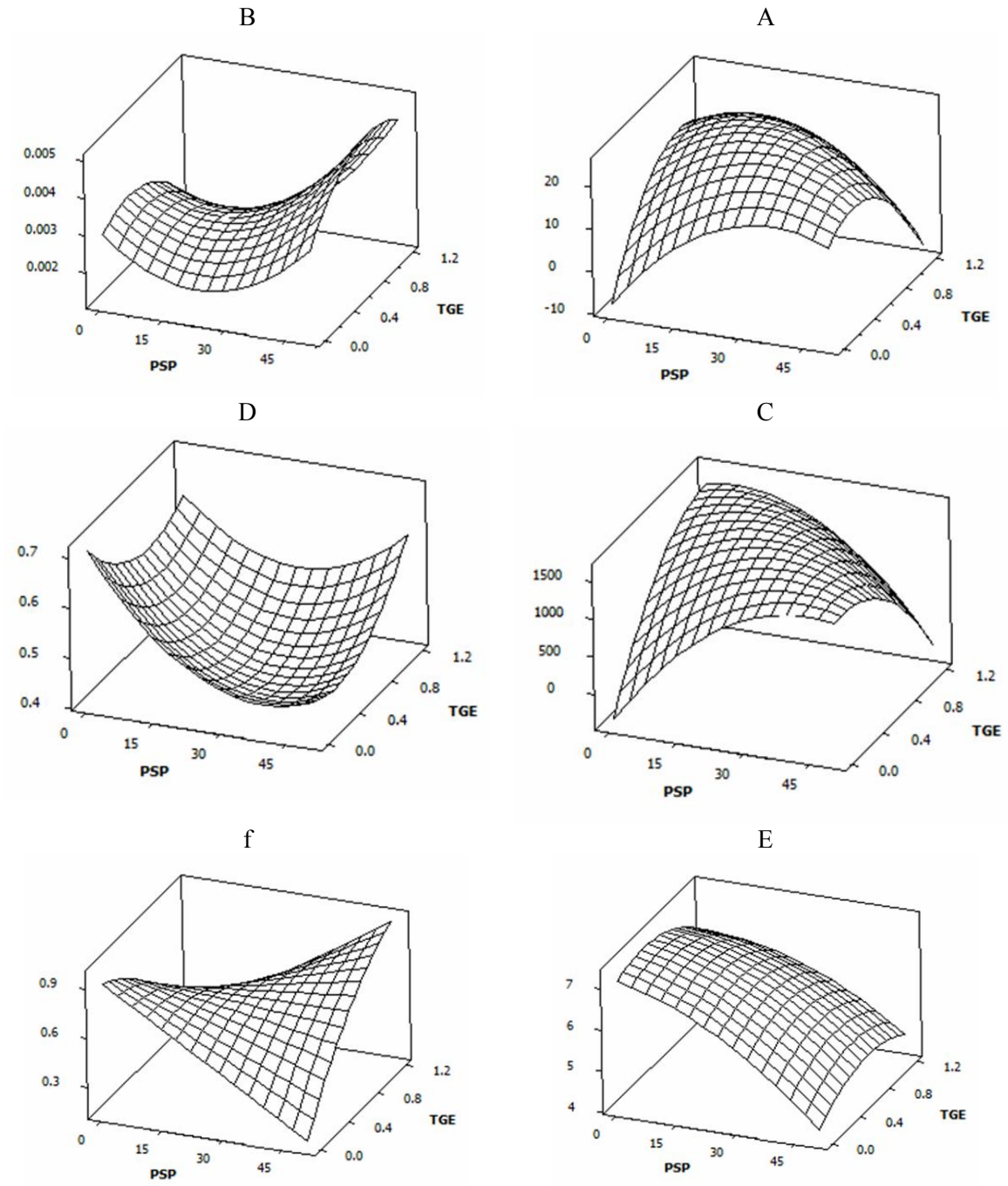

Fig 1 Surface plot image properties of gluten-free cake,
a: Contrast; b:Cell Density; c: Average area; d: Homogeneity; e: Volume index; f: Density

اثر خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز مثبت و غیرمعنی‌دار و اثر درجه دوم آن درجه دوم منفی و غیر معنی‌دار شد. اثر متقابل متغیرها منفی و در سطح (p<۰/۰۵) معنی‌دار شد(Fig.2c). در مورد شدت زردی (b*) رنگ، اثر خطی پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز مثبت و غیرمعنی‌دار شد. اما اثر درجه دوم پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز منفی و در سطح (p<۰/۰۵) معنی‌دار شد. اثر متقابل آنهامنفی و غیر معنی‌دار شد(Fig.2e). رنگ در میوه‌های غنی از آنتوسیانین مانند انار به طور عمده تحت تأثیر غلظت آنتوسیانین که رنگدانه اصلی است، قرار می‌گیرد[۱۸]. بنابراین علت کاهش روشنایی پوسته و مغز و گرایش رنگ کیک‌های تولیدی به سمت قرمزی به علت وجود آنتوسیانین‌ها در هسته انار می‌باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]

Table 4 ANOVA for the Color evaluation of Produced gluten- free cakes

Sources	Crust			Crumb		
-	L	A	B	L	A	B
Model (p-value)	8.93**	14.36**	2.95*	0.01*	4.14*	2.95*
β_0	38.51	2.35	31.13	25.43	−5.53	20.53
β_1	**-0.75	-0.17****	0.17ns	**-1.26	0.23**	0.25**
β_2	ns24.66	ns9.85	2.99ns	ns-64.02	-6.59ns	ns5.34
$\beta_1\beta_1$	-0.006ns	-0.003*	-0.003*	0.01ns	-0.002*	-0.002*
$\beta_2\beta_2$	ns-5.77	-5.36ns	ns-0.34	27.40ns	3.94ns	ns-1.95
$\beta_1\beta_2$	-0.89**	-0.13*	-0.06ns	-1.22ns	-0.09ns	*-0.05
Lack of fit (p-value)	ns4.24	ns5.77	12.57ns	27.93ns	414.38*	269. 79ns
R^2	86.45	91.12	65.85	81.53	75.72	77.84
R^2-adjust	76.77	56.10	51.10	68.34	56.66	54.87
CV (%)	10.24	−112.99	8.58	16.93	−108.3	13.67
PRESS	252.84	10.26	319.968	168.47	172.62	283.13

ns: not significant;*: significant at p<0.05; **: significant at p<0.01; ***: significant at p<0.001

از سوی دیگر، بررسی یافته‌های ویژگی‌های رنگ‌سنجی مغز کیک بدون گلوتن در جدول ٤، نشان می‌دهد که اثر خطی پودر هسته انار بر مقدار روشنایی، منفی و در سطح (p<۰/۰۱) معنی‌دار شد. اما اثر خطی آنزیم ترانس گلوتامیناز بر این شاخص منفی و غیر معنی‌دار شد. اثر درجه دوم متغیرها بر روشنایی مثبت و غیرمعنی‌دار شد.اثر متقابل آنها نیز منفی و غیرمعنی‌دار شد (Fig.2b). در مورد شاخص قرمزی، اثر خطی پودر هسته انار مثبت و در سطح (p<۰/۰۱) معنی‌داروا‌ثر خطیآنزیم ترانس گلوتامیناز منفی و غیرمعنی‌دار شد. اثر درجه دوم پودر هسته انار منفی در سطح (p<۰/۰۵) معنی‌دار شد (Fig.2d). بررسی شاخص (b*)، نشان داد که اثر خطی پودر هسته انار مثبت (p<۰/۰۱) و اثر درجه دوم آن منفی (p<۰/۰۵) معنی‌دار شد. آنزیم ترانس گلوتامیناز اثر معنی‌داری بر میزان زردی نمونه‌ها نداشت. اما اثر متقابل آن‌ها بر این شاخص، منفی و معنی‌دار (p<۰/۰۵) شد(Fig.2f). در تأیید نتایج این پژوهش، سبانیز وتزی (۲۰۰۹) نشان دادند که وجود فیبرها در فرمول نان‌های بدون گلوتن سبب تیره‌تر شدن رنگ پوسته و مغز آن‌ها شد. هم‌چنین بیان شد رنگ مغز بیشتر تحت تأثیر رنگ اصلی فیبر قرار می‌گیرد چرا که مغز همانند پوسته به دمای بالا نمی‌رسد [۱۹]. نتایج پژوهش نوری و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که افزودن پودر تفاله هویج به دونات‌ها سبب کاهش روشنایی، و افزایش قرمزی و زردی مغز تیمارها به علت وجود کاروتن‌ها در پودر تفاله هویج شد [۲۰]. همچنین کیک‌های حاوی آرد سورگوم و آرد نخود جوانه زده دارای شاخص قرمزی و زردی بیشتری بودند. با توجه به این که مغز کیک در طی فرآیند پخت دمای آن به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد نمی‌رسد، بنابراین واکنش میلارد در آن رخ نمی‌دهد و رنگ مغز کیک حاصل متأثر از رنگ مواد خام استفاده شد است [۱۳].

۵-نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر افزودن پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ویژگی‌های کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از اثر گذار بودن پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز بر بهبود ویژگی‌های نمونه‌ها است، به طوری که مشاهده شد در اثر افزودن پودر هسته انار به علت زبرشدن سطح کیک‌های تولیدی، تباین مقداری افزایش نشان داد. از طرفی اثر متقابل پودر هسته انار و آنزیم ترانس گلوتامیناز منجر به کاهش شاخص حجم، دانسیته، میانگین مساحت سلولی و در مقابل افزایش همگنی و دانسیته سلولی شد. همچنین افزودن پودر هسته انار منجر به تیره‌تر شدن رنگ کیک‌ها و افزایش شاخص قرمزی آن‌ها شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]

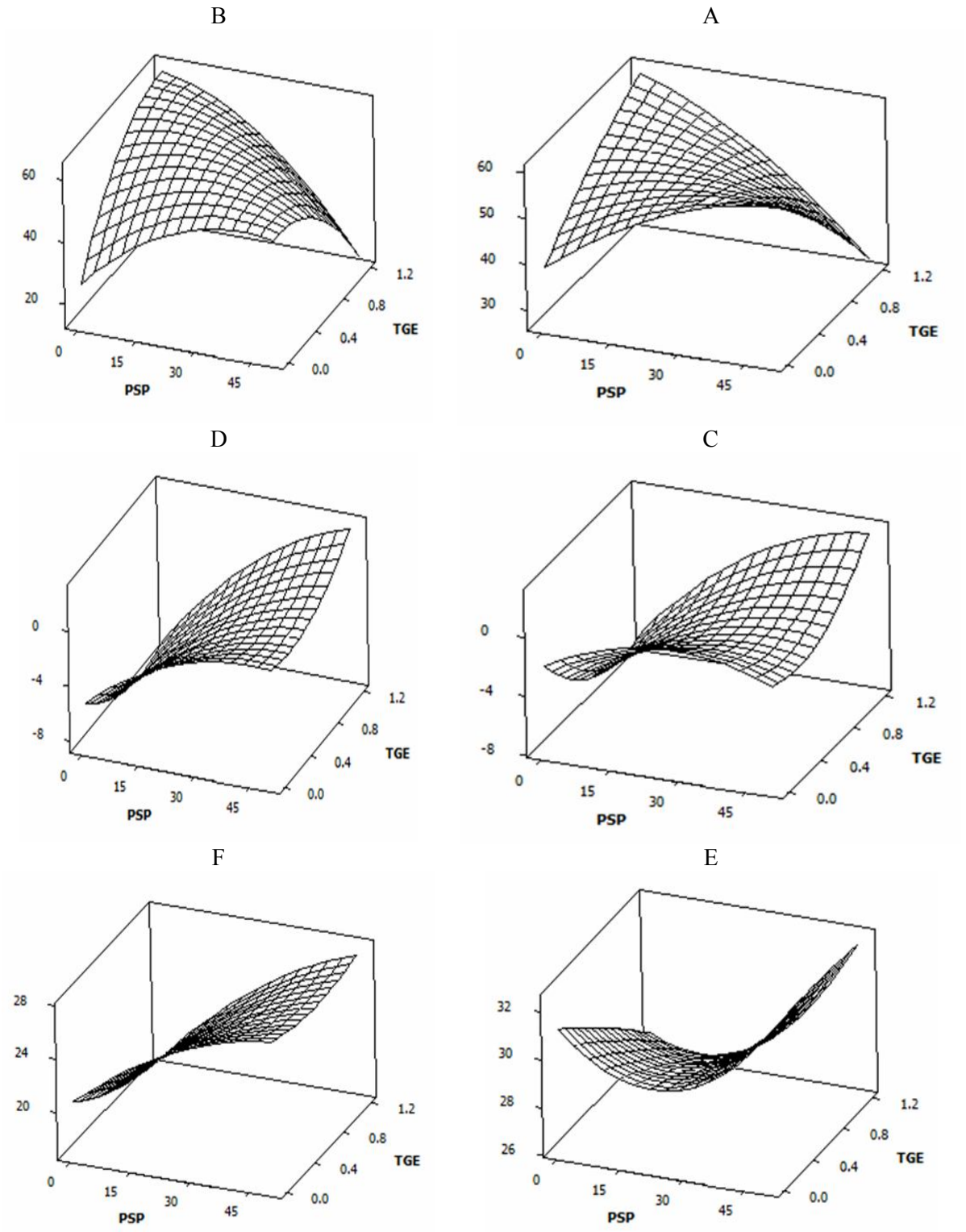

Fig 2 Surface plot for color evaluation gluten-free cakes,
A: L* crust; b:L*crumb; C: a*crust; D: a*crumb; E: b*crust ; F: b*crumb

به منظور شناسایی فرمول تولید کیک بدون گلوتن، بهینه‌یابی با استفاده از ابزارهای این بخش در نرم افزار مینی‌تب انجام شد. بررسی نشان داد که تیمار با ترکیب۲۸/۰٤ درصد پودر هسته‌ی انار و ۰/۲۹درصد آنزیم ترانس گلوتامیناز و با مطلوبیت ۰/۵ بهترین نمونه است. در این صورت مقدار روشنایی پوسته ۵۳/۸۸، روشنایی مغز ۵۵/۳۰، حجم ۲۵/۵۹، کنتراست ۱۱/۹۷ و همگنی ۰/٤۳ خواهد بود. در مجموع استفاده از پودر هسته انار در فرآورده‌های پخت بدون گلوتن با توجه به ترکیبات

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]

ارزشمند آن مانند فیبر رژیمی، مواد معدنی، چربی و مواد آنتی اکسیدان زمینه تولید فرآورده‌ای سلامتی بخش را فراهم می‌کند. همچنین وجود مقادیر زیاد پروتئین این افزودنی، مانع از به هم ریختن بافت محصولات و مهیا شدن غنی سازی با مقادیر زیاد می‌شود.

٦- منابع

[1] Ebrahimpour, N., Peighambardoust, S H., Azadmard-Damirchi, S. 2010. Effect of Pectin, Guar and Carrageenan on the Quality of Gluten Free Bread. Journal of Food Industry Research. (2)20/3, 85-98.

[2] Lionetti, E., Gatti, S., Pulvirenti, A. and Catassi, C. 2015. Celiac disease from a global perspective. Best practice and research Clinical gastroenterology. 29 (3): 365-379.

[3] Palabiyik, I., Yildiz, O., Toker, O. S., Cavus, M., Ceylan, M. M., and Yurt, B. 2016. Investigating the addition of enzymes in gluten-free flours–The effect on pasting and textural properties. LWT-Food Science and Technology. 69:633-641.

[4] De Moraes Crizel, T., Hermes, V. S., de Oliveira Rios, A.and Flôres, S. H. 2016. Evaluation of bioactive compounds, chemical and technological properties of fruits byproducts powder. Journal of Food Science and Technology.53 (11): 4067-4075.

[5] Xi, J., He, L., and Yan, L. G. 2017. Continuous extraction of phenolic compounds from pomegranate peel using high voltage electrical discharge. Food Chemistry. 230: 354-361.

[6] Dadashi1,S., Mousazadeh, M., Mousavi, S.M. and Yavari, A. 2013. Study on quality properties and antioxidant 622 activity of the pomegranate seeds of some Iranian commercial varieties. Iranian Journal of Medicinal and 623 Aromatic Plants. 502-515: (29) 2.

[7] Rezaee, K., Niakousari, M., Zare, D. 2013. Evaluating adsorption isotherm and isosteric heat of freeze-dried pomegranate seed powder and Fitting the data with mathematical modeless. (10)41, 69-79.

[8] AACC. 1999. Approved method of the American association of cereal chemist's .9th ed. Method 10-91, 10-50, 02-52, 08-01, 30-25, 44-16, 46-12.

[9] AOAC. 2000 .Association of Analytical Communities Official Method. Cd 43-991.

[10] Avazsufiyan ,A., Aalami, M., Sadeghi Mahoonak, A., Ghorbani, M. and Ziaiifar, A.M2013. Application ofsweet almond meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake. Journal of Research and Innovation in Food Scienceand Technology. (3)2: 185-196.

[11] Saeidi, Z., Nasehi, B., Jooyande. J. 2018. Statistical Optimization the formula of gluten-free cake enriched with pomegranate seed powder. Journal of food science and technology. 55 (8): 3110-3118.

[12] Mohammadi, M., Azizi, M. H., Neyestani, T. R., Hosseini, H., & Mortazavian, A. M. 2015. Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 21, 1398-1402

[13] Gadallah, M. G. 2017. Rheological, Organoleptical and Quality Characteristics of Gluten-Free Rice Cakes Formulated with Sorghum and Germinated Chickpea Flours. Food and Nutrition. 8: 535-550

[14] Majzoobi, M., Poor, Z. V., Jamalian, J. & Farahnaky, A. 2017. Improvement of the quality of gluten‐free sponge cake using different levels and particle sizes of carrot pomace powder. International Journal of Food Science & Technology. 51, 1369-1377.

[15]Nouri, M., Nasehi, B., Abdanan Mehdizadeh, S.2017. Modeling the effects of Persian gum and carrot pomace powder addition on visual features of donut using response surface methodology. Journal of food science and technology. 14(65), 285-299.

[16] Tsatsaragkou, K., Papantoniou, M. and Mandala, I. 2015. Rheological, Physical, and Sensory Attributes of Gluten‐Free Rice Cakes Containing Resistant Starch. Journal of food science. 80 (2):E341-E348.

[17] Rezagholi, F., Movahhed, S., Ghiyasi Tarzi, B. 2107.Effect of adding purslane flour on the rheological properties of dough and qualitative properties of gluten-free rice flour-based flat bread. Journal of food science and technology. (14)70, 99-112.

[18] Ghorbani, M., Sedaghat, N., Milani, E., & Koocheki, A. 2017. Evaluation of color and texture characteristics of "ready to eat" pomegranate arils during storage and optimization of packaging conditions using response surface methodology (RSM). Iranian Food Science & Technology. 66, 1-16.

[19] Sabanis, D., Lebesi, D., and Tzia, C. 2009. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. LWT-Food Science and Technology. 42 (8): 1380-1389.

[20] Nouri, M., Nasehi, B., Samavati, V., and Mehdizadeh, S. A. 2017. Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre.9:39-45.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]

Evaluation of Physical properties of gluten-free cake containing pomegranate seeds powder and transglutaminase enzyme

Saeidi, Z. [1], Nasehi, B. [2,3*], Jooyandeh, H. [3]

1. Graduate Masters, Department of Food Technology, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University
2. Associate professor,Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Iran
3. Associate professor, Department of Food Technology, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University

(Received: 2017/08/13 Accepted:2017/09/29)

Celiac disease is a permanent intolerance to some cereal prolamin. Consumption of gluten-free products as a substitute for foods containing gluten is very important for diet and nutrition in patients with celiac disease.However, some of the quality problems of these products, such as inferior textural properties, are due to the lack of gluten, which has a negative effect on consumer acceptance. Therefore, improving the quality of these products is very important in terms of the technological aspect of the food industry. The aim of this study was to investigate the effect of adding pomegranate seed powders (PSP, 0-50%) and transglutaminase enzyme (TGE, 0-1.2%) on physical and image properties on gluten free cakes. The results of the present study showed improvement of contrast, as well as increased redness (a*) and yellowness (b*) values in crumband increased density and reduced the (L*) value of the crust and crumb, as well as reduced cake volume. Finally, optimization process was performed and the formulation containing 28.04% pomegranate powder and 0.29% transglutaminase enzyme was selected as the best gluten-free formulation.

Keywords: Image processing, Pomegranate, Functional

*Corresponding author E-Mail Address: Nasehi.b@pnum.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-04]