

علمی پژوهشی

# بهینه سازی فرمولاسیون سوهان رژیمی برای بیماران سلیاکی و دیابتی با جایگزینی شکر با ایزومالت و جایگزینی کامل آرد گندم با آرد کنجاله سویا و ذرت به روش سطح پاسخ

مژگان رضایی<sup>۱</sup>، محمد گلی<sup>۲،۳\*</sup>

۱- کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۳- دانشیار مرکز تحقیقات لیزر و بیوفوتونیک در فناوریهای زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۷)

## چکیده

مصرف زیاد سوهان بدلیل کالری بالا منجر به بروز مشکلاتی نظیر چاقی و دیابت می‌شود. سلیاک یک اختلال خود ایمنی بوده که بیمار در معرض عدم تحمل دائمی به گلوتن است و تنها درمان مؤثر، استفاده از رژیم غذایی بدون گلوتن است. هدف از انجام این تحقیق، تولید سوهان رژیمی بدون گلوتن با استفاده از جایگزینی شکر با ایزومالت و جایگزینی کامل آرد گندم با آرد کنجاله سویا و آرد ذرت بود. درصد جایگزینی شکر با ایزومالت (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد)، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد) و دمای پخت (۱۶۰، ۱۶۵، ۱۷۰، ۱۷۵، ۱۸۰ درجه سانتی-گراد) بر دانسیته، سختی بافت و رنگ نمونه‌های سوهان بررسی شد. مدل‌سازی و بهینه‌سازی به روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی با آلفای دو و در شش نقطه مرکزی و دو تکرار در نقاط محوری و فاکتوریال با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت صورت گرفت. نتایج نشان داد که دانسیته و سختی در مقادیر بالاتر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت به ترتیب، افزایش و کاهش یافت. افزایش سختی بافت و شاخص روشنایی، با افزایش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت مشاهده شد. همچنین اثر متقابل جایگزینی شکر با ایزومالت و نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت در مقادیر پایین-تر این دو فاکتور موجب کاهش دانسیته گردید. سوهان کم کالری با فرمول‌های حاوی جایگزینشکر با ایزومالت ۷۹ درصد، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت صفر و دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد؛ جایگزینی شکر با ایزومالت ۱۰۰ درصد، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت ۰/۴۱ و دمای ۱۷۱ درجه سانتی‌گراد و جایگزینی شکر با ایزومالت ۷۱ درصد، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت ۱ و دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به عنوان بهترین تیمارها معرفی گردید.

**کلید واژگان:** سوهان رژیمی، بیماری سلیاک و دیابت، فرمولهای بهینه، خواص بافتی، شاخص‌های رنگ سنجی، روش سطح پاسخ

\*مسئول مکاتبات: mgolifood@yahoo.com

## ۱- مقدمه

گلوتن گندم برای بیماران سلیاکی تولید کنیم. آردکنجاله سویا و ذرت نیز بمنظور بهبود ویژگی‌های بافتی و تغذیه‌ای استفاده گردید.

دیابت بعنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات سلامتی و شایع‌ترین بیماری متابولیک در جهان شناخته می‌شود. شیوع دیابت در جهان و از جمله در ایران رو به افزایش است [۱]. غنی سازی محصولات غذایی ابزار مهمی جهت جلوگیری از کمبودهای تغذیه‌ای خاص می باشد و از بیماری‌های مزمن جلوگیری می‌نماید. شناسایی و تولید فاکتورهای غنی‌کننده می‌تواند سبب تولید محصولات با کیفیت بالا شود [۲]. بیماری سلیاک بیماری است که در آن غشاء مخاطی روده کوچک فرد مبتلا به عدم تحمل گلوتن گندم، توسط گلوتن آسیب و سبب التهاب روده می‌گردد. زمانیکه بیماران مبتلا به سلیاک غذاهای حاوی گلوتن مصرف می‌کنند سیستم ایمنی بدن آن‌ها پاسخی را به صورت تخریب افت روده کوچک منعکس می‌کند. این تخریب به خصوص در پرزهای انگشتانه‌ای روده که نقش جذب مواد مغذی را دارند، بروز می‌نماید. در پی آسیب دیدن پرزهای روده، جذب مواد مغذی غذاها با مشکل مواجه می‌شود. سلیاک در بزرگسالان باعث کاهش وزن، اسهال، ضعف، تحریک پذیری و درد شکمی، کم خونی، خستگی، نفخ و پوکی استخوان و در کودکان، نشانه‌های سوء تغذیه از جمله اختلال رشد، می‌تواند رخ دهد [۳]. ایزومالت تنها جایگزین قند است که بطور انحصاری از ساکارز ساخته شده است. فرآیند تولید آن حاصل دو مرحله شامل تبدیل آنزیمی (تبدیل ساکارز به ایزومالتوز) و بدنبال آن هیدروژناسیون (تبدیل ایزومالتوز به ایزومالت) است. ایزومالت، یک پلی‌ال است که از قند ساخته شده است و بعنوان جایگزینی برای قندها (ساکارز، شربت ذرت با فروکتوز بالا، شربت گلوکز و غیره) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد [۴]. اجزای اصلی سوهان شامل آرد گندم، شکر، مالت، روغن (روغن نباتی، کره، و روغن) و آب است و مشتقات افزودنی آن ممکن است پسته، زعفران، بادام، هلو دارچین باشد [۵].

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده در فرمولاسیون سوهان پولکی شامل شکر سفید ۴۰/۰۳ درصد، سوربیتول مایع ۱۶/۰۱ درصد، کره گیاهی ۳۲/۰۳ درصد، آرد گندم ۸/۰۱ درصد، زرده تخم‌مرغ ۳/۲ درصد و هل ۰/۷۲ درصد بود که از شرکت سلامت گستران آریان فراهم گردید. کلیه مواد آزمایشگاهی مورد استفاده در این پژوهش، با خلوص بالا از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

## ۲-۲- روش تهیه سوهان پولکی

آماده‌سازی سوهان پولکی به کمک شرکت دانش بنیان سلامت گستران آریان طراحی و انجام گردید. به منظور تهیه سوهان پولکی ابتدا مواد اولیه به پاتیل جهت ذوب شدن منتقل شد و با شعله ملایم حرارت داده شد و سپس افزودنی‌هایی مانند آرد گندم جوانه‌زده و زرده تخم مرغ و هل اضافه گردید. خمیر نهایی پس از نخ‌گیری و تعیین اتمام عملیات تولید، به درون ظرف سینی ریخته شد و پس از سرد شدن چانه‌گیری شده و به ابعاد لازم توسط دستگاه فرم‌دهنده برش خورد. برای تهیه سوهان پولکی رژیمی، متغیرهای مستقل شامل جایگزینی شکر با ایزومالت در سطوح (صفر تا ۱۰۰ درصد)، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت در سطوح (صفر تا ۱۰۰ درصد) و دمای پخت محصول در سطوح (۱۶۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) انتخاب شدند (جدول ۱)، و بقیه ترکیبات ثابت در نظر گرفته شد. برای بدست آوردن نقاط بهینه، ۳۴ آزمایش توسط نرم افزار دیزاین اکسپرت، روش سطح پاسخ طرح مرکب مرکزی با دو تکرار در نقاط محوری و فاکتوریال و شش نقطه مرکزی با آلفای ۲ پیشنهاد گردید (جدول ۲). پاسخ‌های آزمون شامل: شاخص‌های بافتی، رنگ و دانسیته بود.

در این پژوهش قصد داریم با استفاده از جایگزینی شکر با ایزومالت و جایگزینی کامل آرد گندم با آرد کنجاله سویا و ذرت، سوهان پولکی با قند پایین برای افراد دیابتی و بدون

**Table 1** Process independent variables and their measurement levels

Independent variables	Factors	The relevant code and level				
		- $\alpha$	-1	0	+1	+ $\alpha$
Sucrose replacement with isomalt (%)	A	0	25	50	75	100
Soybean meal flour to corn flour ratio	B	0	0.25	0.5	0.75	1
Cooking temperature ( $^{\circ}$ C)	C	160	165	170	175	180

**Table 2** Treatments suggested by design expert software using response surface methodology (RSM)  
A: Sucrose replacement with isomalt (%), B: Soybean meal flour to corn flour ratio, C: Cooking temperature ( $^{\circ}$ C)

Run	A	B	C	Run	A	B	C
1	25	0.25	175	18	75	0.25	175
2	50	0.50	180	19	100	0.50	170
3	100	0.50	170	20	75	0.75	175
4	50	0.50	170	21	50	1.00	170
5	25	0.75	165	22	25	0.75	165
6	50	1.00	170	23	75	0.25	165
7	50	0.50	160	24	50	0.50	170
8	75	0.25	175	25	0	0.50	170
9	50	0.00	170	26	50	0.50	160
10	25	0.25	165	27	25	0.25	175
11	25	0.75	175	28	50	0.50	180
12	50	0.50	170	29	50	0.00	170
13	0	0.50	170	30	75	0.75	165
14	75	0.25	165	31	75	0.75	175
15	25	0.25	165	32	25	0.75	175
16	50	0.50	170	33	50	0.50	170
17	75	0.75	165	34	50	0.50	170

به آرد ذرت (B) و دمای پخت (C) بر متغیرهای وابسته از نرم افزار دیزاین اکسپرت نسخه ۹ و روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی با دو تکرار در نقاط محوری و فاکتورهای و شش نقطه مرکزی با آلفای ۲ پیشنهاد گردید (جدول ۲). کلیه بررسی‌های آماری و معنی‌داری و یا غیر معنی‌داری داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. اطلاعات بدست آمده در این بخش کمک می‌کند تا تأثیر میزان ماده اولیه را بر ویژگی‌های سوهان پولکتولید شده مورد بررسی قرار داده تا بهترین شرایط جهت تولید سوهان پولکتولی رژی می به دست آید. جست و جوی شرایط عملیاتی بهینه برای دستیابی به پاسخ‌های مطلوب مورد نظر با استفاده از تکنیک بهینه یابی عددی انجام شد. در روش RSM برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف شد که آثار اصلی و متقابل متغیرها را بر روی هر فاکتور بیان می‌کند، مدل چند متغیره به صورت زیر می‌باشد.

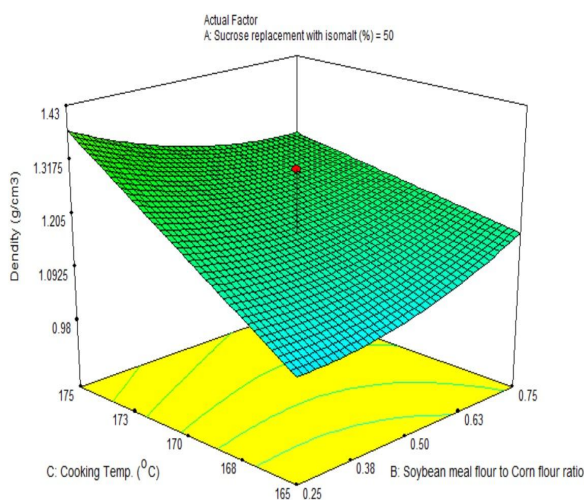
### ۲-۳- آزمون‌های فیزیکی و رنگی

ویژگی‌های بافتی (TPA) شامل سفتی و سختی به روش خزائی پول و همکاران [۶] و دانسیته نمونه‌های سوهان پولکتولی با کمک روش جابجایی دانه‌های کلزا مطابق با روش نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۳) تعیین شد [۷]. پارامترهای رنگی شامل  $a^*$  و  $b^*$  در برنامه ایمیج جی بدست آمد و در نهایت برای استاندارد کردن پارامترهای مربوط از کارت‌های استاندارد استفاده گردید. شاخص‌های رنگی بیانگر  $L^*$  میزان روشنایی و دامنه آن از ۰ تا ۱۰۰ متغیر،  $a^*$  بیانگر قرمزی-سبزی (+: قرمزی و -: سبزی) و  $b^*$  بیانگر شاخص زرد-آبی (+: زرد و -: آبی) با دامنه ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متغیر بود [۸].

### ۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر متغیرهای مستقل شامل درصد جایگزینی شکر با ایزومالت (A)، نسبت آرد کنجاله سویا

جایگزینی شکر با ایزومالت نشان نداد. در سطح ۵۰ درصد نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، در سطوح مختلف جایگزینی شکر با ایزومالت با کاهش دمای پخت دانسیته افزایش یافت. در سطوح بالاتر دمای پخت، دانسیته با کاهش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. در سطوح پایین تر دمای پخت، با کاهش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت دانسیته ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. بیشترین دانسیته در مقادیر پایین تر جایگزینی شکر با ایزومالت و سطوح پایین تر دمای پخت به دست آمد (شکل ۱).



**Fig 1** Interaction effect of soybean meal flour to corn flour ratio and cooking temperature on dietary Sohan density

در سطح ۵۰ درصد جایگزینی شکر با ایزومالت، در سطوح بالاتر و پایین تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت دانسیته با کاهش دمای پخت به ترتیب، افزایش و کاهش یافت. در سطوح بالاتر و پایین تر دمای پخت، با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت دانسیته به ترتیب، افزایش و کاهش پیدا کرد. کمترین میزان دانسیته در مقادیر پایین تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و سطوح پایین تر دمای پخت مشاهده شد (شکل ۱).

$$Y = \beta_0 + \beta_a A + \beta_b B + \beta_c C + \beta_{aa} A^2 + \beta_{bb} B^2 + \beta_{cc} C^2 + \beta_{ab} AB + \beta_{ac} AC + \beta_{bc} BC \quad (1) \text{ معادله}$$

$$+ \beta_{aaa} A^3 + \beta_{bbb} B^3 + \beta_{ccc} C^3 + \beta_{abb} AB^2 + \beta_{acc} AC^2 + \beta_{bcc} BC^2 + \beta_{abc} ABC$$

پس از آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار، مدلی پیشنهاد شد که دارای انحراف استاندارد و مجموع مربعات باقی مانده برآورد شده کم و ضریب همبستگی بالا باشد.

### ۳- یافته‌ها

#### ۳-۱- بررسی اثر جایگزینی شکر با ایزومالت،

#### نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای

#### پخت بر دانسیته سوهان رژیمی

آنالیز واریانس اثرات متغیرهای فرایند در مورد مدل رگرسیونی و دانسیته نشان داد که اثرات خطی، متقابل، درجه دوم و درجه سوم متغیرهای مستقل در سطح احتمال ۹۹/۹ درصد معنی‌دار شدند. بررسی مقادیر ضریب تبیین مدل‌ها مبین این است که این مقادیر برای رابطه درجه ۳ به میزان ۰/۸۵ می‌باشد که نسبت به سایر مدل‌ها دارای مقادیر بالاتری است و بنابراین در برآزش داده‌ها توان بیشتری را دارا می‌باشد و برای پیشگویی پیشنهاد می‌گردد. متغیرهای تأثیرگذار بر دانسیته طبق جدول (۳)، اثر خطی دمای پخت، اثر درجه دوم نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، اثر درجه سوم جایگزینی شکر با ایزومالت، اثر متقابل نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت با دمای پخت، اثر درجه دوم جایگزینی شکر با ایزومالت با دمای پخت و اثر متقابل هر سه متغیر مستقل (جایگزینی شکر با ایزومالت، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، دمای پخت) گزارش شد. شکل (۱) نشان می‌دهد در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، در سطوح مختلف جایگزینی شکر با ایزومالت روند تغییرات دانسیته با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت خطی و یکنواخت است. در سطوح مختلف نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت نیز دانسیته تغییر محسوسی را با کاهش درصد

**Table 3** The regression equations between texture-color properties and coded factors

The final equation is based on coded factors	R <sup>2</sup>
Density(g/cm <sup>3</sup> )= 1.18 + 0.11(C) - 0.061(BC) + 0.032(B <sup>2</sup> ) + 0.2(ABC) - 0.23(A <sup>2</sup> C) - 0.012(A <sup>3</sup> )	0.85
Hardness(N)=1.58 + 0.11(A) - 0.072(BC) - 0.07(B <sup>2</sup> ) - 0.065(A <sup>2</sup> B)	0.73
L*= 28.02 + 2.79 (A) - 2.22(B) - 4.82(BC) - 2.49(C <sup>2</sup> )	0.81
ΔE= 15.01 + 3.54(A) + 2.99(B) - 1.28(C) - 5.78(AB) - 1.41(AC) + 2.96(ABC) + 7.25(A <sup>2</sup> C) - 1.5(A <sup>3</sup> )	0.88

A: Sucrose replacement with isomalt (%), B: Soybean meal flour to corn flour ratio, C: Cooking temperature (°C)

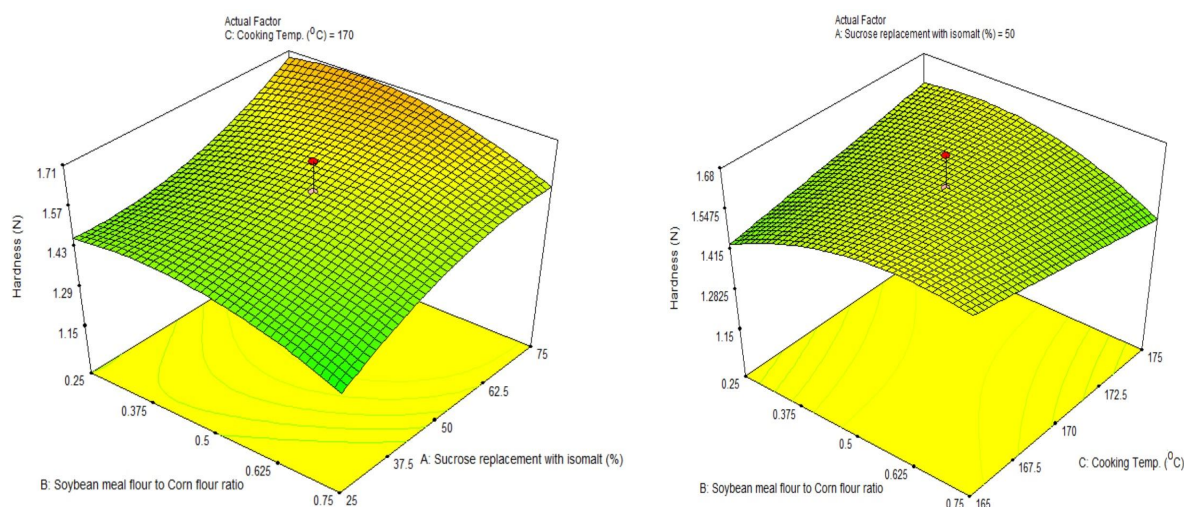
درجه ساتی گراد، در هر سطح از جایگزینی شکر با ایزومالت سختی بافت با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت افزایش پیدا کرد. در هر سطح از نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، با افزایش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت سختی بافت افزایش یافت. بیشترین میزان سختی بافت در مقادیر بالاتر جایگزینی شکر با ایزومالت و سطوح پایین تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت مشاهده شد. مطابق با آنچه در شکل (۲) مشاهده می شود، در سطوح بالاتر دمای پخت، با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت سختی بافت روند افزایشی داشت. در سطوح پایین تر دمای پخت، با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت سختی بافت ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. در سطوح بالاتر و پایین تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، سختی بافت با افزایش دمای پخت به ترتیب، کاهش و افزایش پیدا کرد. در مقادیر پایین تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دماهای بالاتر بیشترین میزان سختی بافت مشاهده شد.

### ۳-۲- بررسی اثر جایگزینی شکر با ایزومالت،

### نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای

### پخت بر سختی بافت سوهان رژیمی

آنالیز واریانس اثرات متغیرهای فرایند در مورد مدل رگرسیونی و سختی بافت نشان داد که اثرات خطی، متقابل، درجه دوم و درجه سوم متغیرهای مستقل در سطح احتمال ۹۹/۹ درصد معنی دار شدند. بررسی مقادیر ضریب تبیین مدلها مبین این است که این مقادیر برای رابطه درجه ۲ به میزان ۰/۷۳ می باشد که نسبت به سایر مدلها دارای مقادیر بالاتری است و بنابراین در برازش دادهها توان بیشتری را دارا می باشد و برای پیشگویی پیشنهاد می گردد. متغیرهای تأثیرگذار بر سختی بافت طبق جدول (۳)، اثر خطی جایگزینی شکر با ایزومالت، اثر درجه دوم نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، اثر متقابل نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای پخت و اثر درجه دوم جایگزینی شکر با ایزومالت با نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت گزارش شد. نتایج شکل (۲) نشان می دهد در دمای ۱۷۰



**Fig 2** Interaction effect of soybean meal flour to corn flour ratio with sucrose replacement with isomalt and cooking temperature on dietary Sohan hardness

متغیرهای تأثیرگذار بر شاخص ( $L^*$ ) طبق جدول (۳)، اثر خطی جایگزینی شکر با ایزومالت، اثر خطی نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، اثر متقابل نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت با دمای پخت و اثر درجه دوم دمای پخت گزارش شد. با افزایش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت شاخص ( $L^*$ )

### ۳-۳- بررسی اثر جایگزینی شکر با ایزومالت،

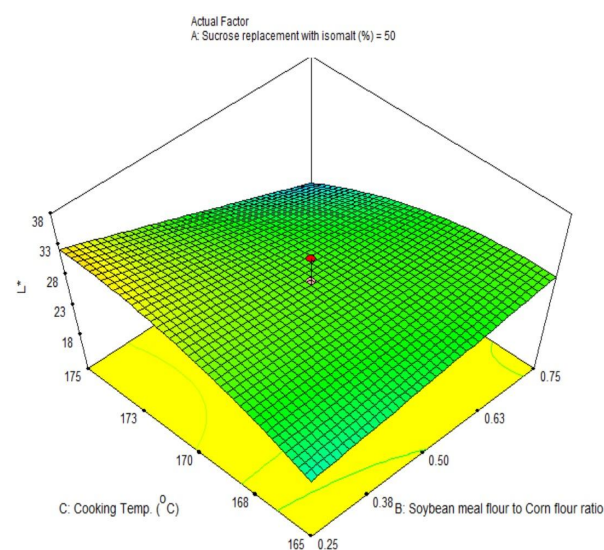
### نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای

### پخت بر شاخص روشنی رنگ ( $L^*$ ) سوهان

### رژیمی

متغیرهای تأثیرگذار بر تغییرات رنگ طبق جدول (۳)، اثر خطی هر سه متغیر مستقل (جایگزینی شکر با ایزومالت، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، دمای پخت)، اثر متقابل جایگزینی شکر با ایزومالت و نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، اثر متقابل جایگزینی شکر با ایزومالت و دمای پخت، اثر متقابل هر سه متغیر مستقل، اثر درجه دوم جایگزینی شکر با ایزومالت با دمای پخت و اثر درجه سوم جایگزینی شکر با ایزومالت گزارش شد. با افزایش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت و نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت تغییرات رنگ نمونه‌ها افزایش یافته است. کاهش تغییرات رنگ با افزایش دمای پخت نیز مشهود است. در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، در سطوح بالاتر و پایین‌تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، با افزایش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت تغییرات رنگ به ترتیب، کاهش و افزایش یافت. در سطوح بالاتر و پایین‌تر جایگزینی شکر با ایزومالت، تغییرات رنگ با افزایش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت به ترتیب، کاهش و افزایش پیدا کرد. اثر متقابل جایگزینی شکر با ایزومالت و نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت در مقادیر بالا باعث کاهش تغییرات رنگ گردید (شکل ۴). با توجه به شکل (۴)، در هر سطح از جایگزینی شکر با ایزومالت، تغییرات رنگ با افزایش دمای پخت افزایش یافت. در سطوح بالاتر دمای پخت، تغییرات رنگ با افزایش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. در سطوح پایین‌تر دمای پخت، با افزایش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت تغییرات رنگ ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. نتایج شکل (۴) نشان می‌دهد که در سطح ۵۰ درصد جایگزینی شکر با ایزومالت، در هر سطح از دمای پخت، تغییرات رنگ با افزایش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت به طور خطی افزایش یافت. در هر سطح از نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت با افزایش دمای پخت تغییرات رنگ افزایش خطی داشت.

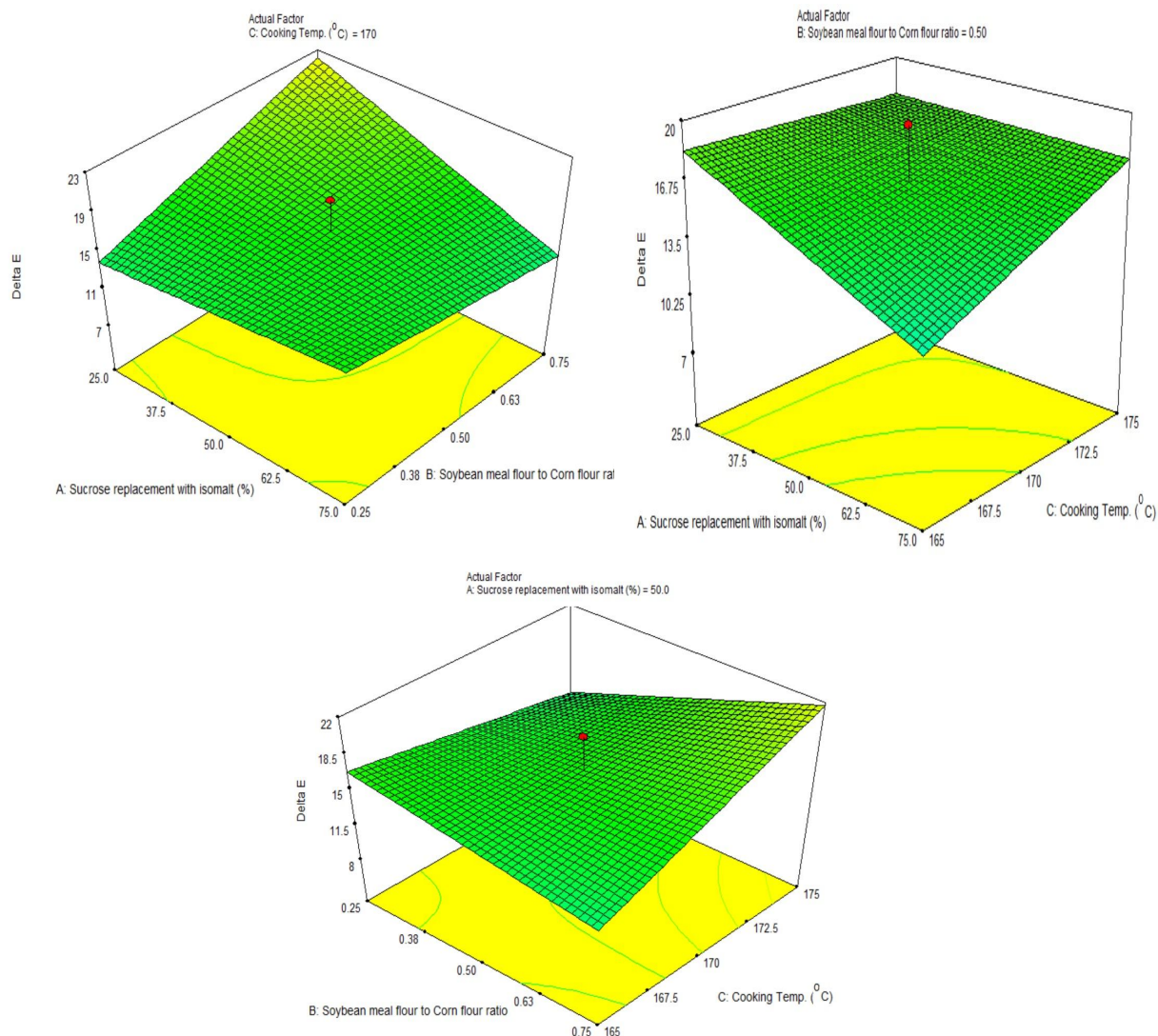
افزایش می‌یابد و رنگ نمونه‌ها روشن‌تر می‌شود. همچنین کاهش شاخص ( $L^*$ ) نمونه‌ها با افزایش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و در مقادیر بالاتر دمای پخت آشکار است. نتایج شکل (۳) نشان می‌دهد در سطوح بالاتر و پایین‌تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، با کاهش دمای پخت شاخص ( $L^*$ ) به ترتیب، افزایش و کاهش یافت. در سطوح بالاتر و پایین‌تر دمای پخت، شاخص ( $L^*$ ) با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت به ترتیب، افزایش و کاهش پیدا کرد. اثر متقابل نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای پخت در مقادیر پایین‌تر آنها موجب کاهش شاخص ( $L^*$ ) گردید.



**Fig 3** Interaction effect of soybean meal flour to corn flour ratio and cooking temperature on dietary Sohan  $L^*$

### ۳-۴- بررسی اثر جایگزینی شکر با ایزومالت، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای پخت بر تغییرات رنگ ( $\Delta E$ ) سوهان رژیمی

مدل چند جمله‌ای درجه ۳ برای پیشگویی تغییرات رنگ، نشان دهنده معنی‌دار بودن مدل و معنی‌دار نبودن آزمون ضعیف برازش می‌باشد که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است.



**Fig 4** Interaction effect of sucrose replacement with isomalt, soybean meal flour to corn flour ratio and cooking temperature on dietary Sohan color changes ( $\Delta E$ )

مقادیر به دست آمده برای فرایند بهینه سازی و هدف آن مشخص شده است (جدول ۴)، و در نهایت نتایج به دست آمده برای نمونه های بهینه پیشنهاد شده توسط نرم افزار مطابق با جدول (۵) آورده شده است.

### ۳-۵- بهینه یابی فرمولاسیون سوهان رژیمی

شرایط بهینه برای تولید سوهان رژیمی با کمک جایگزینی شکر با ایزومالت و جایگزینی کامل آرد گندم با آرد کنجاله سویا و آرد ذرت با استفاده از تکنیک بهینه یابی عددی انجام شد. دامنه

**Table 4** The values used for optimization and its specificity or purpose

Independent variables & responses	aim	Low limit	High limit
Sucrose replacement with isomalt(%)	is in range	0	100
Soybean meal flour to corn flour ratio	is in range	0	1
Cooking temperature ( $^{\circ}C$ )	is in range	160	180
Density ( $g/cm^3$ )	minimize	0.81	1.63
Hardness (N)	maximize	1.16	1.89
Lightness index ( $L^*$ )	maximize	15.57	37.34
Color changes( $\Delta E$ )	minimize	6.08	28.45

**Table 5** The results obtained from the optimization process

Cooking temperature (°C)	Soybean meal flour to corn flour ratio (-)	Sucrose replacement with isomalt(%)	Treatments
180	0	79	Optimal formula 1
171	0.41	100	Optimal formula 2
160	1	71	Optimal formula 3
160	100% wheat flour	0	Blank

#### ۴- بحث

#### ۴-۱- بررسی جایگزینی شکر با ایزومالت،

#### نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای

#### پخت بر دانسیته سوهان رژیمی

یافته‌های بدست آمده از تحقق حاضر در رابطه با دانسیته سوهان‌های پولکی نشان داد با افزایش نسبت کنجاله سویا به آرد ذرت و جایگزینی ایزومالت دانسیته افزایش یافت و در سطوح متفاوت دمای پخت با کاهش جایگزینی استویا دانسیته کاهش یافت. در بررسی که توسط باقرپور و همکاران (۱۳۹۵) روی جایگزینی شیرین‌کننده مصنوعی با ساکارز در فرمولاسیون کیک میوه‌ای صورت گرفته بود، نتایج مؤید این بود که نمونه‌هایی با افزایش میزان شیرین‌کننده مصنوعی از کمترین دانسیته برخوردار بود که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت نداشت، در واقع قند ایزومالت به دلیل افزایش سفیدی منجر به کاهش تخلخل و در نهایت کاهش دانسیته‌گردید [۹]. مقدار دانسیته بیانگر میزان هوای به دام افتاده در مخلوط می‌باشد، بطوری‌که دانسیته پایین، بیانگر مخلوط حاوی حباب هوای بالا است. نتایج نشان داد که کاهش سطوح جایگزینی ایزومالت موجب کاهش دانسیته تیمارها شده است. تاثیر آرد کنجاله سویا و ذرت بر دانسیته محصول، بدلیل محتوای پروتئین بالا در آن بوده که باعث تغییر ویسکوزیته خمیر سوهان رژیمی و در نهایت کاهش دانسیته محصول نهایی شده است [۶].

#### ۴-۲- بررسی جایگزینی شکر با ایزومالت،

#### نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای

#### پخت بر سختی سوهان رژیمی

کیفیت خوردن شیرینی‌ها بطور مستقیم با ویژگی‌های بافتی آنها مرتبط می‌باشد. در میان پارامترهای مختلف بافت، سختی بعنوان یک ویژگی مهم در نظر گرفته می‌شود که به حداکثر

ارتفاع منحنی نیرو در اولین فشار اتلاق می‌شود و نشان دهنده حداکثر نیروی اعمال شده در طی عمل گاز زدن می‌باشد [۱۰]. میزان رطوبت، ماده خشک، میزان و نوع پروتئین و چربی نیز تا حدودی بر سختی بافت موثر می‌باشد. سختی بافت تیمارها با افزایش سطوح جایگزینی استویا با شکر، کاهش یافت. هم‌چنین با افزایش سطوح جایگزینی نشاسته ذرت با نشاسته گندم و افزودن اسپیرولینا به فرمولاسیون نهایی، سختی بافت نمونه افزایش یافت [۱۰]. هم‌چنین در سطوح بالای جایگزینی نشاسته ذرت با نشاسته گندم با افزایش میزان جایگزینی استویا با شکر، سختی بافت افزایش یافت. افزایش غلظت قند بدلیل تاثیر بر زنجیره‌های نشاسته ذرت منطقه آمورف، سبب گراندول شدن نشاسته و تثبیت ژل می‌شود و این‌گونه منجر به ایجاد ژل سخت‌تر می‌گردد [۱۱]. نتایج بدست آمده با نتایج لی و همکاران، ۲۰۱۴؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۶ نیز مطابقت دارد [۱۲، ۱۳]. آن‌ها گزارش کردند که ژل‌های حاصل از نشاسته ذرت بدلیل افزایش قدرت تورم دانه‌های نشاسته ذرت که سبب تغلیظ محلول آمیلوز در فاز پیوسته ذرت می‌گردد، دارای سختی بالایی می‌باشند. علاوه بر این، افزودن آرد کنجاله سویا و ذرت نیز سبب افزایش سختی گردید که احتمالاً بدلیل غلظت بالای پروتئین موجود در ترکیب سویا و ذرت بوده است. پروتئین در هنگام اکستروژن با نشاسته برای جذب آب رقابت می‌کند، که باعث کاهش ژلاتینه شدن و در نتیجه انبساط کمتر و سختی بالاتر می‌شود [۱۴]. این نتایج هم‌چنین با نتایج بدست آمده توسط لازائو و کروکید (۲۰۱۰)، سومارگو و همکاران (۲۰۱۶) و اونوالتا و همکاران (۲۰۰۱) مطابقت دارد [۱۴، ۱۵، ۱۶]. آن‌ها گزارش کردند که بدلیل افزایش غلظت پروتئین در فرمولاسیون، سختی افزایش می‌یابد. جایگزینی ایزومالت در فرمولاسیون محصولات به علت افزایش ماده جامد محصول، ایجاد ساختاری فشرده در اثر افزایش ایزومالت و کاهش رطوبت، سبب افزایش سختی می‌گردد. صدفی و همکاران (۱۳۹۶)، که یافته‌های بدست آمده از تحقیق حاضر



پارامتر  $L^*$  بودیم و کمترین میزان روشنایی بیان گردید در حالی که با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت بیشترین شاخص  $L^*$  مشاهده گردید. همچنین افزایش جایگزینی ایزومالت سبب افزایش شفافیت گردید. به طور کلی افزایش دمای پخت سبب شده ساکارز موجود در فرمولاسیون سوهانها مورد مطالعه تجزیه و باعث تولید هیدروکسی متیل فوفورال و ایجاد ترکیبات مؤثر در رنگ می شود. همچنین با افزایش دما ترکیباتی از قبیل کاراملان تولید می شوند که این ترکیبات نیز نقش مؤثری در تولید رنگ می نمایند. با افزایش دما اکسیداسیون چربیها با شدت بیشتری صورت می گیرد که به خود تأثیر قابل توجهی روی رنگ سوهانهای مورد مطالعه دارد [۲۰]. از آنجایی که شیرینکنندههای بدون ساکارز نقش مهمی در تغییرات روشنایی دارند، با کاراملیزه شدن و واکنش مایلارد (قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی) بین قندهای احیاءکننده و آمینواسیدها نیز مرتبط است. ساکارز (قند غیر احیاءکننده) در دماهای بالا به گلوکز و فروکتوز (قندهای احیاءکننده) تبدیل شده است. بنابراین، اگر مقدار ساکارز کاهش یابد، بدلیل تشکیل کم‌تر محصولات حاصل از واکنش مایلارد، تشدید رنگ ضعیف‌تر شده است [۲۱].

#### ۴-۴- بهینه‌یابی مدل

بهینه‌یابی فرمول سوهان پولکی رژیمی، با استفاده از بررسی اثر متغیرهای مستقل شامل سطوح جایگزینی شکر با ایزومالت، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای پخت بر روی برخی از شاخص‌های کیفی سوهان پولکی، با استفاده از بهینه‌یابی عددی روش سطح پاسخ انجام پذیرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که روش سطح پاسخ کارایی خوبی در بهینه‌یابی ویژگی‌های کیفی سوهان پولکی رژیمی داشته باشد. ضریب تبیین برای پارامترهای اندازه‌گیری شده بالاتر از ۸۰ درصد بود و فاکتور عدم برازش نیز برای پارامترها معنی‌دار نبود. در نتیجه بالا بودن ضریب تبیین و معنی‌دار نبودن عدم برازش برای تمامی پاسخها تاییدکننده صحت مدل برای برازش اطلاعات بود.

#### ۵- نتیجه‌گیری

سوهان کم‌کالری با فرمول‌های حاوی جایگزینی شکر با ایزومالت ۷۹ درصد، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت صفر

مبنی بر افزایش سختی بافت سوهان پولکی تحت تأثیر جایگزینی ایزومالت در فرمولاسیون سوهانهای پولکی تأیید بر این موضوع بود [۱۷]. در تحقیقی که امام جمعه و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی اثر جایگزینی ساکارز و گلوکز با شیرینکننده‌های سوربیتول و ایزومالت بر خواص فیزیکی گز پرداختند نتایج ارزیابی بافت نشان داد افزایش سطح سوربیتول سبب افزایش نرمی بافت می شود در حالی که افزایش ایزومالت منجر به سفتی بافت محصول گردید [۱۸]. بخشی دیگر از یافته‌های حاصل از تحقیق حاضر حاکی از تأثیر مثبت کنجاله سویا به آرد ذرت روی افزایش سختی نمونه‌های مورد مطالعه بود، در همین راستا تحقیقی توسط آنتون و لوسیانو در سال ۲۰۰۷ انجام شد، این محققان تأثیر افزایش ترکیبات پروتئینی مانند کنجاله سویا روی سختی نمونه‌های اسنک پرداختند و گزارش کردند که اسنک‌های مخلوط شده با آرد ذرت سفت شدن بیش تر بافت و خروج محصول از حالت تردی شده که با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر مبنی بر افزایش سختی نمونه‌های سوهان پولکی تحت تأثیر افزایش کنجاله سویا و آرد ذرت، همسو بود [۱۹]. به طور کلیه نظر میرسد که ظرفیت بالای نگهداری آب و قابلیت تشکیل ژل توسط پروتئین‌های کنجاله سویا سبب افزایش ویسکوزیته و در نتیجه سفت تر شدن بافت فراورده‌ها می شود.

#### ۴-۳- بررسی جایگزینی شکر با ایزومالت، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای پخت

#### بر ویژگی‌های رنگ سوهان رژیمی

نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر در رابطه با ویژگی‌های رنگ سوهانهای پولکی بیانگر این بود که با کاهش نسبت کنجاله سویا به آرد ذرت و درصد جایگزینی ایزومالت در سطوح متفاوت دمای پخت روندی کاهشی بر پارامتر اختلاف رنگ کلی مشاهده گردید و در سطح ۲۵ درصد نسبت کنجاله سویا به آرد ذرت و سطح ۲۵ درصد جایگزینی ایزومالت کمترین اختلاف کلی رنگ مشاهده شد. همچنین با کاهش دمای پخت و افزایش جایگزینی ایزومالت و نسبت کنجاله سویا به آرد ذرت تغییرات کلی رنگ افزایش یافت. در رابطه با شاخص روشنایی ( $L^*$ ) در سطوح متفاوت ایزومالت با افزایش کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای پخت شاهد روندی کاهشی بر

- production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. *Journal of Food Science and Technology*, 10(41): 127-139. (in Persian)
- [8] Aslanzadeh, M., Mizani, M., Gerami, A., Alimi, M. (2014). Evaluation of dietary fiber performance of wheat bran as a fat substitute in mayonnaise. *Food Technology and Nutrition*, 11(1): 21-31. (in Persian)
- [9] Bagherpoor, V., Khosroshahi, A. (2016). Investigation of the possibility of substituting sugar with Stevia in the production of fruitcake containing banana puree and evaluation of sensory and visual properties of the final product. *Second Iranian Scientific Conference on Food Science and Technology*, Tehran. (in Persian)
- [10] Cheng, Y.F., Bhat, R. (2016). Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobiumjiringa* Jack.) legume flour. *Food Bioscience*, 14:54-61.
- [11] Sun, Q., Xing, Y., Qiu, C., Xiong, L. (2014). The pasting and gel textural properties of cornstarch in glucose, fructose and maltose syrup. *Plos One*, 9(4):e95862.
- [12] Li, S., Zhang, Y., Wei, Y., Zhang, W., Zhang, B. (2014). Thermal, pasting and gel textural properties of commercial starches from different botanical sources. *Journal of Bioprocessing and Biotechniques*, 4:161.
- [13] Wang, L., Xu, J., Fan, X., Wang, Q., Wang, P., Zhang, Y., Cui, L., Yuan, J., Yu, Y. (2016). Effect of disaccharides of different composition and linkage on corn and waxy cornstarch retrogradation. *Food Hydrocolloids*, 61:531-536.
- [14] Sumargo, F., Gulati, P., Weier, S.A., Clarke, J., Rose, D.J. (2016). Effects of processing moisture on the physical properties and *in vitro* digestibility of starch and protein in extruded brown rice and pinto bean composite flours. *Food Chemistry*, 211:726-733.
- [15] Lazou, A., Krokida, M. (2010). Structural and textural characterization of corn-lentil extruded snacks. *Journal of Food Engineering*, 100(3):392-408.
- [16] Onwulata, C.I., Smith, P.W., Konstance, R.P., Holsinger, V.H. (2001b). Incorporation of whey products in extruded corn, potato or و دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد؛ جایگزینی شکر با ایزومالت ۱۰۰ درصد، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت ۰/۴۱ و دمای ۱۷۱ درجه سانتی گراد و جایگزینی شکر با ایزومالت ۷۱ درصد، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت ۱ و دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد به عنوان بهترین تیمارها معرفی گردید.
- ## ۶- سپاسگزاری
- از شرکت دانش بنیان سلامت گستران آرایان به دلیل همکاری- های علمی و پژوهشی در راستای محققشدن این تحقیق کمال تشکر را دارد.
- ## ۷- منابع
- [1] Forouhi, N.G., Wareham, N.J. (2010). *Epidemiology of diabetes. Medicine*, 38:602-6.
- [2] Bialek, M., Rutkowska, J., Adamska, A., Bajdalow, E. (2015). Partial replacement of wheat flour with pumpkin seed flour in muffins offered to children. *Journal of Food*, 391-398.
- [3] Hopper, A.D., Cross, S.S., Hurlstone, D.P., McAlindon, M.E., Lobo, A.J., Hadjivassiliou, M. (2007). Pre-endoscopy serological testing for coeliac disease: evaluation of a clinical decision tool. *British Medical Journal*, 334:729-732.
- [4] Schiweck, H., Munir, M. (1992). Isomalt, a versatile alternative sweetener-production, properties and uses. *Carbohydrates in Industrial Synthesis*, Berlin, 5-55.
- [5] Mashak, Z., Sodagari, H., Moradi, B. (2014). Microbiological and chemical quality of sohan: An iranian traditional confectionary product. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 1(2), 56-60.
- [6] Khazaiy pool, E., Shahidi, F., Mortazavi, S.A., Mohebbi, M. (2015). The effect of different levels of *Spirulina Platensis* microalgae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture, color parameters and Overall acceptability of kiwi puree-based fruit pastille. *Journal of Food Science and Technology*, 12(48): 47-59. (in Persian)
- [7] Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi, M.B., Hadad Khodaparast, M.H., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., Sahraiyani, B. (2013). Investigation on

- snack foods: A review. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 54: 245-251.
- [20] Ghandehari Yazdi, A.P., Hojjatoleslami, M., Keramat, J., Jahadi, M. (2018). Investigation on the effect of sucrose replacement with sucralose maltodextrin on physicochemical characteristics of traditional Nanberenji pastry. *Journal of Food Science and Technology*, 15(82): 189-200. (in Persian)
- [21] Gonzalez-Mateo, S., Gonzalez-SanJose, M.L., Muniz P. (2009). Presence of Maillard products in Spanish muffins and evaluation of colour and antioxidant potential. *Food Chemical Toxicology*, 47: 2798-2805.
- rice snacks. *Food Research International*, 34(8):679-687.
- [17] Sadafi, M., Khorshidpour, B., Hashemiravan, M. (2017). Investigation of Sucrose Substitution Effect with Stevia and Isomalt in Order to produce fruit candy. *Journal of Food Science and Technology*, 14(65):209-225. (in Persian)
- [18] Emamjome, Z., Ghaheri, R., Asadi, G.H. (2010). The effect of replacement of sucrose and glucose with two types of dietary sweeteners on the texture and microstructure properties of Gaz. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 6(2): 130-135. (in Persian)
- [19] Anton, A.A., Luciano, FB. (2007). Instrumental textural evaluation of extruded

## Optimization of dietary Sohan formulation for celiac and diabetic patients by replacing sucrose with isomalt and complete replacing of wheat flour with soybean meal and corn flour by response surface methodology

Rezaei, M.<sup>1</sup>, Goli, M.<sup>2,3\*</sup>

1. M. Sc., Department of Food Science&Technology, Isfahan (Khorasgan)Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science&Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3. Associate professor, Laser and Biophotonics in Biotechnologies Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

(Received: 2020/02/08 Accepted: 2020/09/07)

Celiac disease is an autoimmune disorder in which the patient expose to gluten intolerance during their life and the only way to treat it using a gluten-free diet. This study aimed to produce a gluten-free diet Sohan using replacing sucrose with isomalt and complete replacing wheat flour with soybean meal and corn flour. For this purpose, replacing sucrose with isomalt (0, 25, 50, 75, 100%), soybean meal to corn flour ratio (0, 0.25, 0.50, 0.75, 1%) and cooking temperature (160, 165, 170, 175, 180 and 180 °C) were investigated on density, hardness, and color of samples. Modeling and optimization were performed by response surface method and central composite design with  $\alpha$  two and six central points and two replications in factorial and axial points using design expert software. The results showed that the density and hardness at higher levels of soybean meal to corn flour ratio increased and decreased, respectively. An increase in hardness and ( $L^*$ ) index were observed with increasing replacing levels of sucrose with isomalt. As well as, the interaction effect of sucrose replacement with isomalt and soybean meal to corn flour ratio at lower levels of these variables resulted in decreased density. The low-calorie Sohan formulas including, sucrose replacement with isomalt 79%, soybean meal flour to corn flour ratio 0, and the cooking temperature 180 °C. In addition, sucrose replacement with isomalt 100%, soybean meal flour to corn flour ratio 0.41, the cooking temperature 171 °C. In addition, sucrose replacement with isomalt 71%, soybean meal flour to corn flour ratio 1, and the cooking temperature 160 °C as the best treatments introduced.

**Keywords:** Dietary Sohan, Celiac and diabetic disease, Optimal formulas, Textural properties, Color assessment indices, Response surface methodology

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: mgolifood@yahoo.com