Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

**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[۱]، محمد گلی[۲،۳*]

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، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵، ۱ 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 باآلفای دو ودر 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 به‌ترتیب، 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 جایگزینیشکر 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



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

## ۱- مقدمه

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 تغذیه ای خاص می باشد و از بیماری های 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،توسطگلوتن 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 پلی ال است که از قند ساخته شده است و بعنوان جایگزینی برای قندها (ساکارز، شربت ذرت با فروکتوز بالا، شربت گلوکز و غیره) می تواند مورد استفاده قرار گیرد[٤]. 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].

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

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده در فرمولاسیون سوهان پولکی شامل شکر سفید ٤۰/۰۳ درصد، سوربیتول مایع ١٦/۰١ درصد، کره گیاهی ۳۲/۰۳ درصد، آرد گندم ۸/۰۱ درصد، زرده تخم‌مرغ ۳/۲ درصد و هل ۰/۷۲ درصد بود کهاز شرکت سلامت گستران آرایان 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 آرایان 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 نخ گیری و تعیین اتمام عملیات تولید، به درون ظرف سینی ریخته شد و پس از سرد شدن چانه گیری شده و به ابعاد لازم توسط دستگاه فرم دهنده برش خورد. برای تهیه سوهان پولکی رژیمی ، متغیرهای مستقل شامل جایگزینی شکر با ایزومالت در سطوح (صفر تا ۱۰۰درصد)، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت در سطوح (صفر تا ۱۰۰ درصد) و دمای پخت محصول در سطوح (١٦٠ تا ١٨٠درجه سانتی‌گراد) انتخاب شدند (جدول ۱)، و بقیه ترکیبات ثابت در نظر گرفته شد. برای بدست آوردن نقاط بهینه، ٣٤ 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). پاسخ های آزمون شامل: شاخص‌های بافتی، رنگ و دانسیته بود.



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

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

| Independent variables | Factors | The relevant code and level | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | -α | -1 | ۰ | +1 | +α |
| Sucrose replacement withisomalt (%) | A | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| Soybean meal flour to corn flour ratio | B | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.75 | 1 |
| Cooking temperature ($^0$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 ($^0$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 |

## ۲-۳- آزمون‌های فیزیکی و رنگی

ویژگی‌های بافتی(TPA) شامل سفتی و سختی به روش خزائی پول و همکاران[٦] و دانسیته نمونه‌های سوهان پولکی با کمک روش جابجایی دانه‌های کلزا مطابق با روش نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۳)تعیین شد[۷].پارامترهای رنگی شامل $a^*$، $b^*$ و $L^*$ در برنامه ایمیج جی بدست آمد و در نهایت برای استاندارد کردن پارامترهای مربوط از کارت‌های استاندارد استفاده گردید. شاخص های 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].

## ۲-٤- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر متغیرهای مستقل شامل درصد جایگزینیشکر باایزومالت (A)، نسبت آرد کنجاله سویا 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 فاکتوریال 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 ویژگی-های سوهان پولکیتولید شده مورد بررسی قرار داده تا بهترین شرایط جهت تولید سوهان پولکی رژیمی به‌دست آید. جست و جوی شرایط عملیاتی بهینه برای دستیابی به پاسخ‌های مطلوب مورد نظر با استفاده از تکنیک بهینه یابی عددی انجام شد. در روشRSM برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف شد که آثار اصلی و متقابل متغیرها را بر روی هر فاکتور بیان می‌کند، مدل چند متغیره به‌صورت زیر می‌باشد.



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

$$Y=\beta_0+\beta_aA+\beta_bB+\beta_cC+\beta_{aa}A^2+\beta_{bb}B^2+\beta_{cc}C^2+\beta_{ab}AB+\beta_{ac}AC+\beta_{bc}BC \quad \text{معادله (۱)}$$
$$+\beta_{aaa}A^3+\beta_{bbb}B^3+\beta_{ccc}C^3+\beta_{abb}AB^2+\beta_{acc}AC^2+\beta_{bcc}BC^2+\beta_{abc}ABC$$

پس از آنالیز داده‌ها توسط نرم افـزار، مـدلی پیـشنهاد شـد کـه دارای انحراف استاندارد و مجموع مربعات باقی مانده بـرآورد شده کم و ضریب همبستگی بالا باشد.

## ۳- یافته‌ها

### ۳-۱- بررسی اثر جایگزینی شکر با ایزومالـت، نسبت آرد کنجاله سویا بـه آرد ذرت و دمـای 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 معنـی‌دار شدند. بررسی مقادیر ضریب تبیین مدل‌ها مبین این اسـت کـه این مقادیر برای رابطه درجه ۳ بـه میـزان ۰/۸۵ مـی‌باشـد کـه نسبت به سایر مدل‌ها دارای مقادیر بالاتری است و بنابراین در برازش داده‌ها توان بیشتری را دارا می‌باشـد و بـرای پیـشگویی پیشنهاد می‌گردد. متغیرهای تأثیرگذار بر دانـسیته طبـق جـدول (۳)، اثر خطی دمای پخت، اثر درجـه دوم نـسبت آرد کنجالـه سویا به آرد ذرت، اثر درجه سوم جایگزینی شکر با ایزومالت، اثر متقابل نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت با دمای پخـت، اثر درجه دوم جایگزینی شکر با ایزومالت با دمای پخت و اثر متقابل هر سه متغیر مـستقل (جـایگزینی شـکر بـا ایزومالـت، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، دمای پخت) گزارش شد. شکل (۱) نشان می‌دهد در دمای ۱۷۰ درجـه سـانتی‌گـراد، در سطوح مختلف جایگزینی شکر بـا ایزومالـت رونـد تغییـرات دانسیته با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت خطـی و یکنواخت است. در سطوح مختلف نسبت آرد کنجاله سویا بـه آرد ذرت نیز دانسیته تغییر محسوسی را با کاهش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت نشان نـداد. در سـطح ۵۰ درصـد نـسبت آرد کنجالـه سـویا بـه آرد ذرت، در سـطوح مختلـف جایگزینی شکر با ایزومالت بـا کـاهش دمـای پخـت دانـسیته افزایش یافت. در سطوح بالاتر دمای پخت، دانسیته بـا کـاهش درصد جایگزینی شکر با ایزومالت ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. در سـطوح پـایین‌تـر دمـای پخـت، بـا کـاهش درصـد جایگزینی شکر بـا ایزومالـت دانـسیته ابتـدا کـاهش و سـپس افزایش یافت. بیشترین دانسیته در مقادیر پـایین‌تـر جـایگزینی شکر با ایزومالـت و سـطوح پـایین‌تـر دمـای پخـت بـه‌دسـت آمد(شکل ۱).

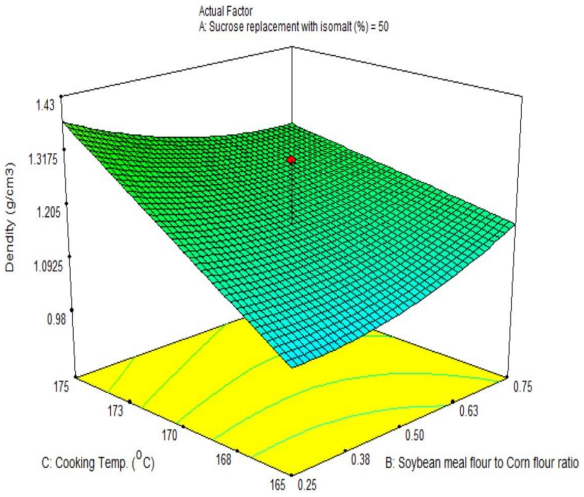


**Fig 1** Interaction effect of soybean meal flour to corn flour ratio and cooking temperature on dietary Sohan density

در سطوح ۵۰ درصد جایگزینی شکر با ایزومالـت، در سـطوح بالاتر و پایین‌تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت دانسیته بـا کاهش دمای پخت به‌ترتیب، افزایش و کاهش یافت. در سطوح بالاتر و پایین‌تر دمای پخت، با کاهش نسبت آرد کنجاله سـویا به آرد ذرت دانسیته بـه‌ترتیـب، افـزایش و کـاهش پیـدا کـرد. کمترین میزان دانسیته در مقادیر پایین‌تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و سطوح پایین‌تر دمای پخت مشاهده شـد(شـکل ۱).

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

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

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



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

## 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 معنی‌دار شدند. بررسی مقادیر ضریب تبیین مدل‌ها مبین این است که این مقادیر برای رابطه درجه ۲ به میزان ۰/۷۳ می‌باشد که نسبت به سایر مدل‌ها دارای مقادیر بالاتری است و بنابراین در برازش داده‌ها توان بیشتری را دارا می‌باشد و برای پیشگویی پیشنهاد می‌گردد. 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 ذرتبا دمای پخت و اثر درجه دوم جایگزینی شکر با ایزومالت با نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرتگزارش شد.نتایج شکل (۲) نشان می‌دهد در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، 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 پایین‌تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت مشاهده شد. مطابق با آنچه در شکل (۲) مشاهده می‌شود، در سطوح بالاتر دمای پخت، با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت سختی بافت روند افزایشی داشت. در سطوح پایین‌تر دمای پخت، با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت سختی بافت ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. در سطوح بالاتر و پایین‌تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت، سختی بافت با افزایش دمای پخت به‌ترتیب، کاهش و افزایش پیدا کرد. در مقادیر پایین‌تر نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دماهای بالاتر بیشترین میزان سختی بافت مشاهده شد.

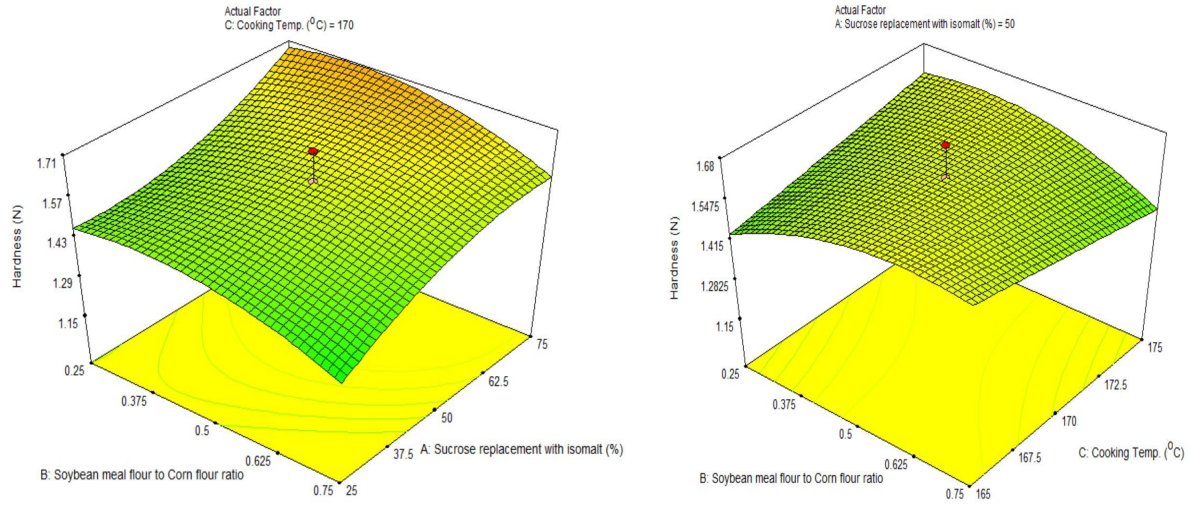


**Fig 2** Interaction effect of soybean meal flour to corn flour ratio with sucrose replacement with isomalt and cooking temperature on dietary Sohan hardness

## 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 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*)



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

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*) به‌ترتیب، افزایش و کاهش یافت. در سطوح بالاتر و پایین‌تر دمای پخت، شاخص (L*) با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت به‌ترتیب، 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.

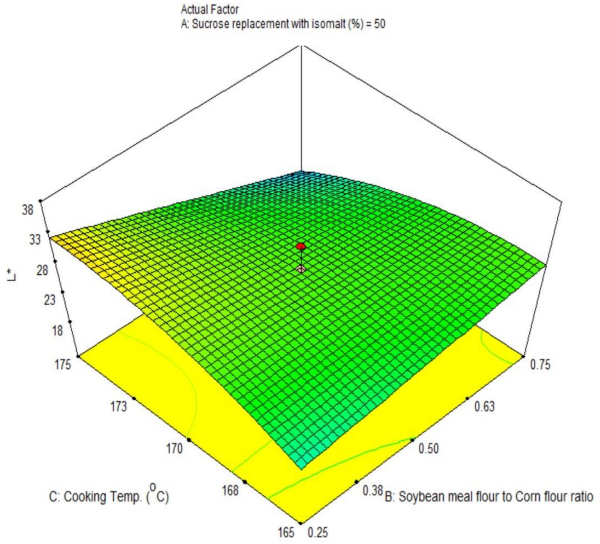


**Fig 3** Interaction effect of soybean meal flour to corn flour ratio and cooking temperature on dietary Sohan L*

## ۳-٤- بررسی اثر جایگزینی شکر با ایزومالت، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت و دمای پخت بر تغییرات رنگ (ΔE) سوهان رژیمی

مدل چند جمله‌ای درجه ۳ برای پیشگویی تغییرات رنگ، نشان دهنده معنی‌دار بودن مدل و معنی‌دار نبودن آزمون ضعف برازش می‌باشد که نشانگر تناسب مدل برازش یافته است. 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 به‌ترتیب، کاهش و افزایش یافت. در سطوح بالاتر و پایین‌تر جایگزینی شکر با ایزومالت، تغییرات رنگ با افزایش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت به‌ترتیب، 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 ٤).با توجه به شکل (٤)، 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 (٤) 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 به‌طور خطی افزایش یافت. در هر سطح از نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت با افزایش دمای پخت تغییرات رنگ افزایش خطی داشت.



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

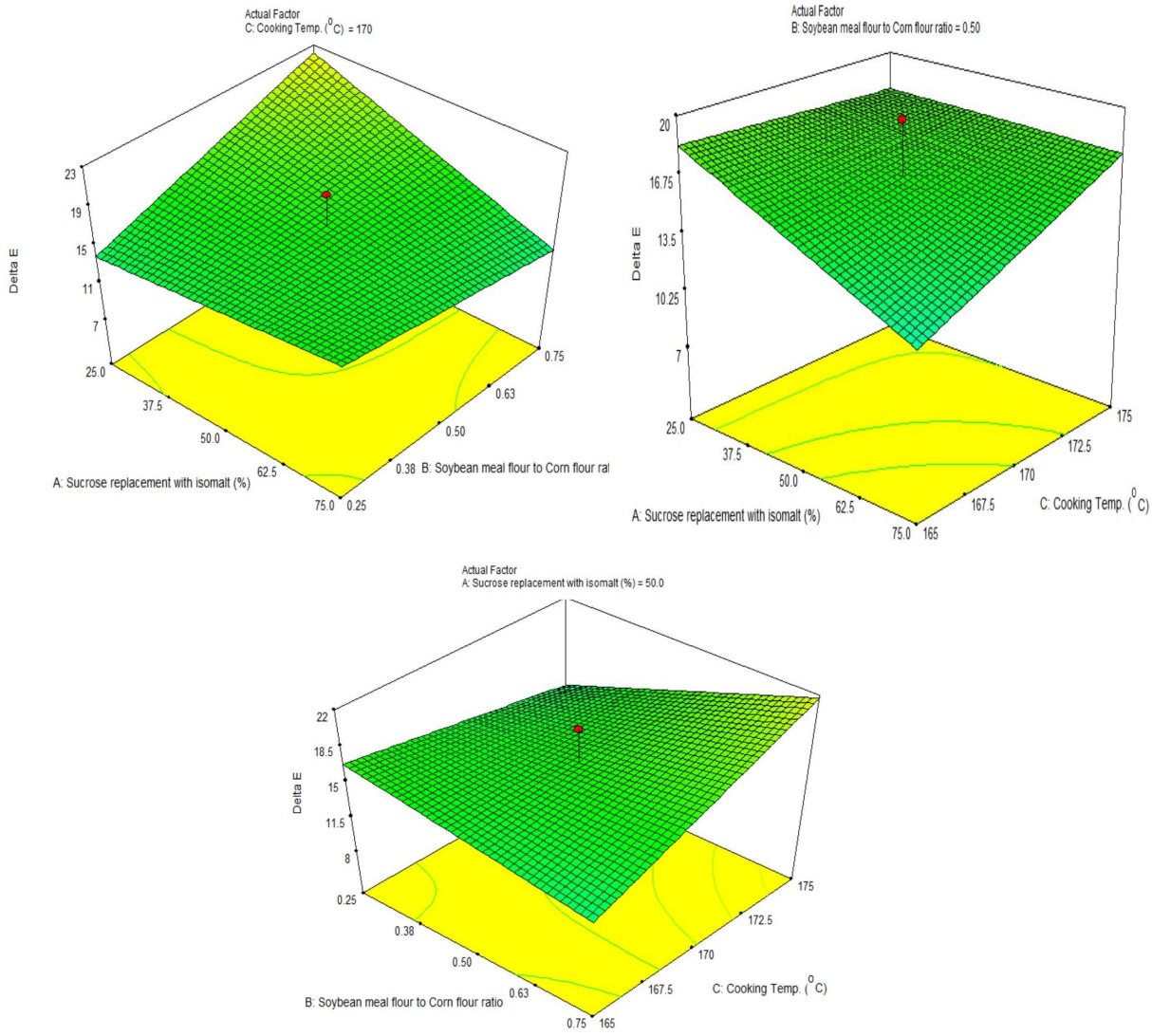


**Fig 4** Interaction effect of sucrose replacement with isomalt, soybean meal flour to corn flour ratio and cooking temperature on dietary Sohan color changes (ΔE)

## ۳-۵- بهینه‌یابی 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 بهینه‌یابی عددی انجام شد. دامنه مقادیر به‌دست آمده برای فرایند بهینه‌سازی و هدف آن مشخص شده است (جدول ٤)، و در نهایت نتایج به‌دست آمده برای نمونه‌های بهینه پیشنهاد شده توسط نرم افزار مطابق با جدول (۵) آورده شده است.

**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 ($^0$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(ΔE) | minimize | 6.08 | 28.45 |



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

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

| Cooking temperature ($^0$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 |

## ٤- بحث

### ٤-١- 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 سفتی منجر به کاهش تخلخل و درنهایت 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[٦.]

### ٤-٢- 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 می باشد[۱۰]. میزان رطوبت، ماده خشک، میزان و نوع پروتئین و چربی نیز تا حدودی بر سختی بافت موثر می باشد. سختی بافت تیمارها با افزایش سطوح جایگزینی استویا با شکر، کاهش یافت. هم-چنین 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 گرانوله شدن نشاسته و تثبیت ژل می‌شود و این‌گونه منجر به ایجاد ژل سخت‌تر می‌گردد[۱۱]. نتایج بدست آمده با نتایج لی و همکاران، ۲۰۱٤؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱٦ 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 احتمالا 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 [١٤]. این نتایج هم‌چنین با نتایج بدست آمده توسط لازائو و کروکیدا (۲۰۱۰)،سومارگو و همکاران (۲۰۱٦)و اونوالاتا و همکاران (۲۰۰۱) مطابقت دارد[١٤،١٥،١٦]. 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 (۱۳۹٦)، که یافته‌های بدست آمده از تحقیق حاضر



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

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 شیرین-کننده های 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 اسنک های مخلوط شده با آرد ذرتسبب سفت شدن بیش تر بافت و خروج محصول از حالت تردی شدکه با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر مبنی بر افزایش سختی نمونه‌های سوهان پولکی تحت تأثیر افزایش کنجاله سویا و آرد ذرت، همسؤ بود[۱۹]. به طور کلیبه 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 می‌شود.

## ٤-۳- بررسی جایگزینی شکر با ایزومالت، نسبتآرد 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 پارامتراختلاف 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 پارامتر $L^*$ بودیم و کمترین میزان روشنایی بیان گردید در حالی که با کاهش نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت بیش ترین 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 می‌شود. همچنین با افزایش دما ترکیباتی از قبیل کاراملان تولید می‌شوند که این ترکیبات نیز نقش مؤثری در تولید رنگ می‌نمایند. با افزایش دما اکسیداسیون چربی‌ها با شدت بیشتری صورت می‌گیرد 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].

## ٤-٤- 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 ذرتو دمای پخت بر روی برخی از شاخص های کیفی سوهان پولکی، با استفاده از بهینه یابی 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 تبیینبرای پارامترهای اندازه گیری 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.

## ٥- نتیجه‌گیری

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



www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021

و دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد؛ جایگزینی شکر با ایزومالت۱۰۰ درصد، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت۰/٤۱و دمای ۱۷۱ درجه سانتی‌گراد و جایگزینی شکر با ایزومالت ۷۱ درصد، نسبت آرد کنجاله سویا به آرد ذرت۱ و دمای ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد به عنوان بهترین تیمارها معرفی گردید.

## ٦- سپاسگزاری

از شرکت دانش بنیان سلامت گستران آرایان به دلیل همکاری‌های 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 iraniantraditional 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., HabibiNajafi, M.B., HadadKhodaparast, M.H., Sheikholeslami, Z., GhiafehDavoodi, M.,Sahraiyan, B. (2013). Investigation on 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.,KhosroshahiAsl, A. (2016). Investigation of the possibility of substituting sugar with Stevia in the production of fruitecake 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 andBiotechniques, 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 cornstarchretrogradation. 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



www.SID.ir

Archive of SID


rice snacks. Food Research International, 34(8):679-687.

[17] Sadafi, M., Khorshidpour, B.,Hashemiravan, M. (2017). Investigation of Sucrose Substitution Effect with Stevie 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 snack foods: A review. Ciencia e Tecnologia de Alimentos, 54: 245-251.

[20] GhandehariYazdi, A.P., Hojjatoleslamy, M., Keramat, J.,Jahadi, M. (2018). Investigation on the effect of sucrose replacement with sucralosemaltodextrin 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.

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021



www.SID.ir

Archive of SID



# 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. [1], Goli, M. [2, 3*]**

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 α 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 isomaltand 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 isomalt100%, 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



www.SID.ir

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 14:27 IRST on Saturday January 23rd 2021