



DOI: 10.22034/FR.2021.42046.1764

## بهینه‌سازی فرمولاسیون لوز رژیمی با جایگزینی شکر و مغز بادام با استویوزید- ایزومالت و گانودرما لوسیدیوم توسط روش سطح پاسخ

آرزو خورشیدی راد<sup>۱</sup> و محمد گلی<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۹ تاریخ پذیرش: ۴۰۰/۳/۲۹

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

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

\* مسئول مکاتبه: Email: mgolifood@yahoo.com

### چکیده

زمینه مطالعاتی: تولید محصولات با کالری کم و ارزش غذایی بالا می‌تواند از بروز برخی از بیماری‌ها مانند دیابت، چاقی و قلبی- عروقی جلوگیری کند. هدف: کاهش قند مصرفی با جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و ارتقاء ارزش غذایی با جایگزینی مغز بادام با قارچ گانودرما لوسیدیوم به عنوان یک ترکیب عملگرا و بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بافتی شیرینی سنتی لوز بود. روش کار: روش سطح پاسخ (RSM) و طرح مرکب مرکزی در ۵ سطح جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪)، جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪) و دمای پخت (۵۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد) استفاده شد. ویژگی‌های کیفی محصول منتخب (پروتئین، چربی، قند کل، فسفر، کلسیم، ویتامین D، دانسیته، عدد پراکسید، ویژگی‌های بافتی) و خصوصیات حسی آن در طول دوره نگهداری (۴۵ روز) ارزیابی و با نمونه شاهد با استفاده از نرم افزار SPSS مقایسه گردید. نتایج: نتایج نشان داد دانسیته، سفتی و چسبندگی تیمارها با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم افزایش یافت. ارتجاعیت، صمغیت و قابلیت جویدن و همچنین شاخص‌های رنگی (L\*) و (a\*) با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم روند افزایشی داشت. شرایط تولید لوز رژیمی غنی شده بهینه بترتیب ۶۸ و ۳۸ درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، ۲۵ و صفر درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و دمای پخت ۵۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد معرفی گردید. محتوی کلسیم، فسفر و ویتامین D نمونه‌های لوز بهینه سازی شده بالاتر از نمونه شاهد بود (p<0.05). میزان چربی، قند کل و عدد پراکسید محصول نهایی نسبت به نمونه شاهد کاهش محسوسی داشت (p<0.05). نمونه‌های بهینه از نظر اکثر ویژگی‌های حسی اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت (P>0.05). نتیجه‌گیری نهایی: با استفاده از استویوزید می‌توان میزان قند موجود در فرمول لوز را کاهش و با غنی سازی آن با قارچ گانودرما لوسیدیوم می‌توان ویژگی‌های تغذیه‌ای این شیرینی سنتی را بهبود داد.

واژگان کلیدی: استویوزید- ایزومالت، بهینه‌یابی، دانسیته، سفتی، گانودرما لوسیدیوم، لوز رژیمی

## مقدمه

فرآورده‌های قنادی بخش مهمی از یک رژیم غذایی مناسب و متعادل را تشکیل می‌دهند. مصرف مداوم و طولانی مدت فرآورده‌های قنادی به دلیل انرژی و کالری بالا و وجود مقادیر زیاد شکر و چربی در فرمول آنها، موجب بروز بیماری‌هایی نظیر چاقی، دیابت، قلبی و عروقی و فشار خون می‌شود. لذا در طی سال‌های اخیر، استفاده از جایگزین شیرین‌کننده‌های سنتزی، غیر سمی با شیرینی بیشتر از ساکارز مانند آسسولفام، آسپارتام، سوکرالوز و استویوزید که توسط سازمان بهداشت جهانی و غذا و کشاورزی به عنوان یک ترکیب ایمن<sup>۱</sup> شناخته شده‌اند، مورد توجه قرار گرفته است. لوز نوعی شیرینی سنتی ایرانی است که جزء سوغات برخی از شهرهای ایران مانند یزد و تبریز به شمار می‌آید و به دلیل بافت و طعم منحصر به فردی که دارد، از محبوبیت زیادی در میان گروه‌های سنی مختلف جامعه برخوردار می‌باشد. از ترکیبات اصلی مورد استفاده در تهیه این شیرینی می‌توان به پودر نارگیل، مغز بادام، شکر، گلاب، هل و دارچین اشاره نمود.

ساکارز یکی از اجزای کلیدی در تهیه انواع فرآورده‌های قنادی است، که دارای خواص عملکردی ویژه از جمله شیرین‌کنندگی، جلوگیری از کلوخه‌ای شدن در هنگام مخلوط کردن مواد فرمولاسیون و قابلیت جذب آب بالا می‌باشد. ایجاد کیفیت مناسب در فرآورده‌های رژیمی، بدون استفاده از خواص عملکردی ساکارز امری دشوار است (نابروس ۲۰۰۲). استویا (*Stevia rebaudiana*) گیاهی چندساله از خانواده *Asteraceae* و بومی نواحی شمالی آمریکای جنوبی است. استویوزید موجود در برگ استویا جزء خانواده دی‌ترین است که شیرینی معادل ۲۵۰-۳۰۰ برابر ساکارز دارد (چاتسوتیونگ و همکاران ۲۰۰۹). شیرین‌کننده استویا به عنوان جایگزین ساکارز در فرمولاسیون بیسکویت علاوه بر اینکه موجب ایجاد طعم شیرین و خوشایندی در این محصول

گردید، از طریق کاهش اندیس پراکسید چربی باعث بهبود کیفیت و افزایش عمر ماندگاری محصول شد (حمزه لویی و همکاران ۱۳۸۸). ایزومالت یکی از قند الکلی‌های حاصل از تجزیه‌ی ساکارز است که در سیستم گوارشی تنها ۵۰٪ آن متابولیزه شده و انرژی معادل ۲ کیلوکالری بر گرم فراهم می‌نماید (گروتز و مونرو ۲۰۰۹). والتر و سولیا (۲۰۱۰)، تأثیر جایگزینی شکر با استویوزید را در فرآوری محصولات نظیر کیک و کلوچه بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد کلوچه‌های حاوی شکر و استویوزید با نسبت ۵۰:۵۰ نرم‌تر از سایر نسبت‌های مورد استفاده بود، و استویوزید توانست تا حد رضایت بخشی محصولاتی با کیفیت مطلوب تولید کند. در تحقیقی که توسط کارپ و همکاران (۲۰۱۶) در رابطه با اثر جایگزینی سوکرز با استویوزید در مافین صورت گرفت، نتایج نشان داد در مقادیر بالاتر از ۵۰٪ جایگزینی سوکرز با استویوزید، پیوستگی و ارتجاعیت کاهش و سفتی بافت افزایش یافت. همچنین، نمونه‌های مافین حاوی ۲۵٪ جایگزینی سوکرز با استویوزید به عنوان بهترین فرمول از نظر ویژگی‌های بافتی و حسی معرفی شد. گائو و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی جایگزینی شکر با استویا در فرمولاسیون مافین و تأثیر آن بر خواص حسی این محصول پرداختند و گزارش نمودند که افزایش استویا در فرمولاسیون مافین، میزان سختی نمونه‌ها را افزایش ولی میزان پذیرش کلی آنها را کاهش می‌دهد.

امروزه آگاهی عموم مردم از تأثیر تغذیه مناسب بر سلامتی افزایش یافته است، لذا توجه تولیدکنندگان مواد غذایی بر تولید محصولات فراسودمند با ارزش تغذیه‌ای بالا و ویژگی‌های سلامتی‌بخش معطوف شده است (لبسی و همکاران ۲۰۱۱). قارچ‌ها از دیرباز به لحاظ خواص دارویی در جوامع مختلف مورد توجه بوده‌اند. *گانودرما لوسیدیوم* قارچی یکساله از تیره *Ganodermataceae* است که منبع غنی از مواد فعال

<sup>2</sup>- Isomalt<sup>1</sup>- GRAS

افزایش درصد پروتئین نان و بیسکویت شد. افزایش درصد قارچ تا ۱۵٪ تأثیر منفی بر ویژگی‌های رئولوژیکی و ظاهری نان نداشت، اما باعث افت کیفیت بیسکویت شد. اکافور و همکاران (۲۰۱۲)، اثر افزودن پودر قارچ (پلورتوس پلوموناریس) در نان را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد محتوی پروتئین به میزان ۱۵-٪ افزایش یافت و بیش از ۵۰٪ به میزان خاکستر و فیبر کل محصول نهایی افزوده شد. در مطالعه‌ای دیگر، اثر جایگزینی آرد گندم با پودر قارچ و آرد سیب زمینی شیرین بر ترکیبات تغذیه‌ای و ویژگی‌های حسی بیسکویت توسط ابراهیم و هقازی (۲۰۱۴) بررسی شده است. با افزودن پودر قارچ و آرد سیب زمینی شیرین، درصد پروتئین، فیبر، خاکستر، آهن، کلسیم، پتاسیم و فسفر بیسکویت افزایش می‌یابد و نمونه‌های حاوی ۱۰ و ۲۰٪ از نظر حسی امتیاز بالاتری را به خود اختصاص دادند.

تا کنون پژوهشی بر روی تولید لوز کم کالری غنی شده صورت نگرفته است. با توجه به مصرف بالای این شیرینی در ایران و با ذکر این نکته که این شیرینی حاوی مقدار زیادی ساکارز است و ساکارز نیز علاوه بر ایجاد طعم مطلوب شیرین، خواص عملکردی مهمی را در فرآورده‌های غذایی ایجاد می‌کند، به‌دست آوردن فرمولاسیون‌های رژیمی با کمک جایگزینی شکر با شیرین‌کننده‌های ایمن کم کالری برای این دسته از مواد غذایی امری ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر، افزایش آگاهی عموم در مورد سلامتی و تغذیه موجب افزایش تقاضا مصرف‌کنندگان برای مصرف مواد غذایی با کیفیت تغذیه‌ای بالا شده است. از این رو، در این پژوهش امکان تولید لوز رژیمی غنی شده با استفاده از استویوزید و گانودرما لوسیدیوم به عنوان یک محصول فرا سودمند نوین مورد بررسی قرار گرفت و تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی محصول ارزیابی گردید.

بیولوژیک مانند انواع پروتئین‌ها، پپتیدها، پلی ساکاریدها، اسیدهای چرب، نوکلئوتیدها، استرول‌ها، تری ترپنوئیدها و ملانین می‌باشند. کاتیون‌های معدنی منیزیم، منگنز، کلسیم، روی، آهن و مس نیز در این قارچ یافت می‌شود. پلی ساکاریدها و ملانین‌های این قارچ دارای فعالیت آنتی اکسیدانی، ضد ویروسی، تقویت کننده سیستم ایمنی بدن و محافظت کننده در برابر اشعه و ضد جهش می‌باشند (وانگ و همکاران ۲۰۰۲). نتایج مطالعات پیشین نیز حاکی از ارزش تغذیه‌ای بالای گانودرما لوسیدیوم است، و گزارش شده است که این قارچ حاوی ۷-۲۴٪ پروتئین، ۱۵٪ پروتئین، ۸۱/۹۰-۷۳/۳۱٪ کربوهیدرات، ۱/۴-۴۸٪ چربی و ۲/۱۲-۰/۶۸٪ خاکستر بوده، و منبع مناسبی از بتاگلوکان، ویتامین‌ها (ویتامین D) و مواد معدنی به‌ویژه فسفر، پتاسیم و کلسیم می‌باشد (اوبادی و همکاران ۲۰۱۷). تاکنون مطالعات اندکی در رابطه با استفاده از گانودرما لوسیدیوم در غنی‌سازی محصولات غذایی صورت گرفته است. در تحقیقی تأثیر گانودرما لوسیدیوم را به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون کیک کم کالری مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق بیانگر افزایش سفتی بافت و کاهش حجم مخصوص با افزایش در صد جایگزینی چربی فرمول با گانودرما لوسیدیوم بوده، و همچنین محتوی رطوبت، فعالیت آبی، پروتئین و خاکستر کیک‌های کم کالری نسبت به نمونه‌ی شاهد تغییر چشم‌گیری نداشته، در حالی‌که میزان فیبر و چربی محصول نهایی به ترتیب، افزایش و کاهش پیدا کرده است (جایرو لیدنارت و همکاران ۲۰۱۹). برخی از محققان نیز به بررسی اثر استفاده از انواع مختلف قارچ‌های خوراکی بر کیفیت تغذیه‌ای محصولات پرداختند. در این راستا، عیسی و همکاران (۲۰۰۷)، خصوصیات رئولوژیکی و کیفیت نان و بیسکویت غنی شده با آرد قارچ اویستر را بررسی کردند. آرد قارچ در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵٪ جایگزین آرد گندم در نمونه‌ها گردید. افزایش درصد قارچ باعث

## مواد و روش‌ها

کشور فرانسه از شرکت نوش آزمون شیمی، پودر نارگیل، مغز بادام، وانیل، هل، دارچین از فروشگاه معتبر محلی، کلروفیل با خلوص ۹۸٪، پودر قارچ گانودرما لوسیدیوم و قند استویوزید با خلوص ۹۷٪ از شرکت سلامت گستران آریان (فرامنش) فراهم گردید.

مواد مصرفی در فرمولاسیون لوز شامل ایزومالت (E953) (Isomalt ST-PF) با خلوص ۹۸/۵٪ ساخت شرکت Beneo-Palatinit کشور آلمان، سوربیتول مایع (E920A) با خلوص ۹۸٪ ساخت شرکت Roquette

جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و سطوح اندازه گیری آنها

Table 1- Independent variables and their coded and actual values used for optimization

Independent variable	Symbol	Coded level				
		+ $\alpha$	+1	0	-1	- $\alpha$
Replacement of sucrose with stevioside-isomalt (%)	A	100	75	50	25	0
Replacement of almond with <i>Ganoderma lucidum</i> (%)	B	100	75	50	25	0
Temperature (°C)	C	70	65	60	55	50

\* Considering the stevioside 300 times sweeter than sucrose, to supply the difference between the weight of stevioside consumed and sucrose removed, isomalt was used as a filler in all treatments.

جدول ۲- آزمایشات ارائه شده توسط نرم افزار با استفاده از طرح RSM

Table 2- RSM experimental design

Run	Replacement of sucrose with stevioside-isomalt (%)	Replacement of almond with <i>Ganoderma lucidum</i> (%)	Temperature (°C)	Run	Replacement of sucrose with stevioside-isomalt (%)	Replacement of almond with <i>Ganoderma lucidum</i> (%)	Temperature (°C)
11	50	50	50	20	50	50	60
33	50	50	50	23	50	100	60
22	25	25	55	24	50	0	60
3	75	75	55	25	50	50	60
14	25	75	55	27	50	50	60
16	75	75	55	29	25	25	65
21	75	25	55	4	25	75	65
26	25	75	55	6	75	25	65
28	75	25	55	10	25	25	65
32	25	25	55	12	25	75	65
1	100	50	60	18	75	25	65
5	0	50	60	22	75	75	65
7	50	100	60	30	75	75	65
8	0	50	60	31	50	50	70
9	50	0	60	13	50	50	70
15	50	50	60	17	50	50	60
19	50	50	60	-	-	-	-

\* Considering the stevioside 300 times sweeter than sucrose, to supply the difference between the weight of stevioside consumed and sucrose removed, isomalt was used as a filler in all treatments.

## تهیه لوز

(۲/۰۵۷٪) در نظر گرفته شد، و ایزومالت به عنوان پرکننده به جای شکر حذف شده از فرمولاسیون لوز مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تهیه لوز ابتدا مخلوط شکر و سوربیتول تا انحلال کامل درون پاتیل در دمای

فرمولاسیون پایه لوز شامل سوربیتول (۲۹/۶۳٪)، شکر (۲۵/۸۳٪)، پودر نارگیل (۳۸/۷۴٪)، پودر بادام (۲/۵۷٪)، واذیل (۰/۲٪)، هل (۰/۲٪)، دارچین (۰/۲۶٪) و کلروفیل

LICHROSORB SI60-5 با ابعاد  $250 \times 3$  میلی‌متر و اندازه ذرات ۵ میکرولیتر، پمپ ۱۰۰۰ KNAUER و دمای ستون برابر با دمای اتاق بود.

#### دانسیته

دانسیته لوز پس از تعیین حجم با استفاده از روش جابه جایی دانه کلزا اندازه‌گیری گردید (اسلام و همکاران ۲۰۱۲). **اندیس پراکسید**

غلظت پراکسید معمولاً به‌صورت اندیس پراکسید بر حسب میلی‌اکی والان پراکسید در ۱۰۰۰ گرم نمونه بیان می‌شود. اندازه‌گیری اندیس پراکسید طبق روش AOCS (۱۹۹۰) به شماره cd8-53 صورت گرفت.

#### ارزیابی بافت

ارزیابی بافت با استفاده از دستگاه بافت سنج QTS مدل (CNS Farnell, Hertfordshire, UK). ساخت کشور انگلستان) انجام گرفت. بدین منظور، قطعه با اندازه  $1/5 \times 1/5$  سانتی‌متر از لوز تهیه گردید و از پروب با قطر  $2/5$  سانتی‌متر، سرعت نفوذ ۶۰ میلی‌متر در دقیقه و عمق نفوذ ۲۰ میلی‌متر استفاده شد. نیروی لازم جهت نفوذ پروب به درون نمونه به عنوان شاخص سختی بافت بر حسب نیوتن گزارش گردید. پیوستگی و ارتجاعیت (فنریت) نیز از روی نمودار فاصله-نیرو به‌دست آمد. صمغیت از حاصل‌ضرب سختی و پیوستگی، و قابلیت جویدن نیز از حاصل‌ضرب سختی و پیوستگی و ارتجاعیت محاسبه شد (رودا و همکاران ۲۰۱۱).

#### رنگ سنجی

برای اندازه‌گیری پارامترهای رنگی نمونه‌ها از روش عکس‌برداری به روش جعبه مستطیلی چوبی به مساحت کف ۲۴۰۰ سانتی‌متر مربع دارای دو لامپ کم مصرف سفید فلورسانس ۹ وات با شدت نور داخلی ۷۵ لوکس استفاده شد و سپس اندازه‌گیری پارامترهای رنگی  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  عکس‌ها توسط نرم افزار ایمج جی<sup>۱</sup> و در نهایت

درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت حرارت داده شد. پس از فرایند حرارتی، مخلوط به مدت ۲۰ دقیقه در دمای محیط خنک و مابقی مواد به آن اضافه و مخلوط شد. نمونه‌های آماده شده در قالب‌های مربع شکل فلزی قالب‌گیری شد و به مدت ۳ ساعت در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. جهت تهیه لوز رژیمی غنی‌شده به جای ساکارز از مخلوط استویوزید-ایزومالت در سطوح (۱۰۰-۰ درصد) و به جای مغز بادام از گانودرما لوسیدیوم در سطوح (۱۰۰-۰ درصد) و دمای پخت در سطوح (۷۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد) استفاده شد (جدول ۱)، و بقیه ترکیبات ثابت در نظر گرفته شد. برای بدست آوردن نقطه‌ی بهینه، ۳۳ آزمایش توسط نرم افزار دیزاین اکسپرت نسخه 6.0.2 پیشنهاد گردید (جدول ۲)، که در این جدول فاکتورها و سطوح اندازه‌گیری آنها نیز بیان شده است.

#### آزمون‌های شیمیایی

نمونه‌های لوز رژیمی غنی‌سازی شده و شاهد، از لحاظ محتوی پروتئین با روش مصوب AACC به شماره ۱۲-۴۶ و با روش کلدال و ضریب تبدیل  $6/25$ ، میزان چربی مطابق با روش مصوب AACC به شماره ۱۰-۳۰ و با استفاده از حلال پترولیوم اتر و دستگاه سوکسله، میزان قند با روش مصوب AACC به شماره ۰۱-۵۰-۸۰ و به روش لین-اینون، میزان کلسیم و فسفر طبق روش مصوب AACC به شماره‌های ۲۰-۴۰ و ۵۸-۴۰، توسط دستگاه جذب اتمی مدل Analyst 700 ساخت شرکت Perkin Elmer کشور آمریکا و میزان ویتامین D مطابق با استاندارد ملی ایران به شمار ۱۳۵۷۹، توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) مدل Cp 3800 ساخت کمپانی Varian انجام گردید. مقدار تزریق نمونه ۲۰ میکرولیتر و آشکارساز فلورسنس JASCO مدل FP-1520 مورد استفاده قرار گرفت. فاز متحرک ترکیبی از هگزان: ایزوپروپانول (۷/۷/۹۹/۳) بود. سرعت جریان فاز متحرک ۱ میلی‌متر در دقیقه بود. ستون

<sup>1</sup>- Image J

به بهترین پاسخ‌ها با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی 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. در رابطه ۱، پاسخ پیش بینی شده  $Y$ ، ضریب ثابت،  $\beta_0$ ، اثرات خطی  $\beta_a$ ،  $\beta_b$ ،  $\beta_c$ ، اثرات مربعی  $\beta_{aa}$ ،  $\beta_{bb}$ ،  $\beta_{cc}$  و اثرات متقابل  $\beta_{ab}$ ،  $\beta_{ac}$ ،  $\beta_{bc}$  می‌باشند.

رابطه [۱]

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

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار، مدلی پیشنهاد شد که دارای انحراف استاندارد (S.D.) و مجموع مربعات باقی مانده برآورد شده (PRESS) کم و ضریب همبستگی ( $R^2$ ) نزدیک به یک باشد. آنالیز نتایج بدست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار SPSS ver: 9.1 صورت گرفت. به منظور مقایسه میانگین‌ها و بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین آنها، از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد (سیدی و روفه‌گری نژاد، ۱۳۹۶).

### نتایج

به منظور به دست آوردن مدل تجربی برای پیش‌بینی متغیرهای پاسخ (دانسیتته، بافت، رنگ) ابتدا رابطه‌های چند جمله‌ای شامل خطی، دو فاکتوری (تعاملی)، درجه دو و درجه سه بر داده‌های به دست آمده از این پاسخ برآزش داده شدند و سپس این مدل‌ها مورد آنالیز آماری قرار گرفتند. لازم به ذکر است از نظر آماری مدلی مناسب است که آزمون عدم برآزش آن معنی‌دار نبوده ( $P > 0.05$ )، و دارای بالاترین ( $R^2 = 1$ ) ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده باشد. نتایج نشان داد مدل مناسب برای پیشگویی تغییرات دانسیته و انسجام و پیوستگی بافت در اثر متغیرهای مورد بررسی (جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، جایگزینی مغز

استاندارد نمودن پارامترها با کارت‌های RAL انجام گرفت (جریدی و همکاران ۲۰۱۵).

### ارزیابی خواص حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها پس از ۴۵ روز نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و با آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای توسط ۱۰ داور مجرب و آموزش دیده مورد ارزیابی قرار گرفت. از ارزیاب‌ها خواسته شد تا صفات مورد بررسی شامل طعم و مزه، شیرینی، پس طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی را از عدد ۱ تا ۵ رتبه‌بندی نمایند. برای بهترین کیفیت عدد ۵ و برای نازل‌ترین کیفیت عدد ۱ در نظر گرفته شد (بایود و همکاران ۲۰۰۸).

### میکروسکوپ الکترونی روبشی<sup>۱</sup>

برای تثبیت بافت، ابتدا نمونه‌ها در نیتروژن مایع در مدت یک دقیقه منجمد و سپس روی یک پایه مسی قرار داده شدند. برای جلوگیری از ایجاد بار ساکن با نشانیدن لایه نازکی از طلا یا کربن سطوح نمونه‌های غیر هادی هدایت الکترونی پیدا می‌کند و الکترون‌های سطحی دفع می‌شوند و بدین ترتیب وضوح تصاویر بهبود می‌یابد. در مطالعه حاضر، میکروسکوپ الکترونی (مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس کشور هلند) با ولتاژ ۱۵ کیلو ولت و وضوح تصاویر  $1000 \times$  مورد استفاده قرار گرفت (امام جمعه و همکاران ۱۳۸۹).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این پژوهش جهت برآورد تأثیر متغیرهای مستقل شامل درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت (A)، درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لو سیدیوم (B) و دمای پخت (C) بر متغیرهای وابسته (دانسیته، بافت، رنگ) از نرم افزار دیزاین اکسپرت (ver: 6.0.2) Design Expert و روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی با میزان  $\alpha$  برابر ۲ و ۶ نقطه مرکزی استفاده شد. جست و جوی شرایط عملیاتی بهینه برای دستیابی

<sup>3</sup>- Confidence level

<sup>1</sup>- Scanning Electron Microscopy

<sup>2</sup>- Charging effect

سطوح جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت آشکار است. کمترین میزان دانسیته محصول در مقادیر پایین‌تر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم (۲۵٪) و سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت (۷۵٪) به دست آمد.

بادام با گانودرما لوسیدیوم، دمای پخت) مدل خطی درجه یک می‌باشد. مناسب‌ترین مدل برای پاسخ سفتی، چسبندگی، قابلیت جویدن، صمغیت و شاخص روشنی رنگ ( $L^*$ ) مدل درجه دو بود که توسط نرم افزار پیشنهاد شد. همچنین، مدل مناسب برای پیشگویی تغییرات نیروی چسبندگی، ارتجاعیت، شاخص ( $a^*$ ) و شاخص ( $b^*$ ) در اثر متغیرهای مورد بررسی (جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، دمای پخت)، مدل درجه سوم بود. نتایج مربوط به تجزیه واریانس برای متغیرهای پاسخ در جدول ۳ نشان داده شده است.

### تغییرات دانسیته

با توجه به نتایج جدول ۳، اثر مستقل جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و اثر متقابل جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم بر فاکتور دانسیته معنی‌دار بود ( $P < 0.05$  و  $P < 0.001$ ). مطابق نتایج جدول ۳، می‌توان بیان نمود که با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، دانسیته افزایش می‌یابد که مثبت بودن ضریب رگرسیونی خطی جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم مؤید این مطلب می‌باشد. در شکل ۱ اثر متقابل جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم نشان می‌دهد که در سطوح پایین‌تر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت (۲۵٪)، دانسیته تیمارها با افزایش سطوح جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم به‌طور خطی کاهش می‌یابد. درحالی‌که در سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت (۷۵٪)، روند افزایشی برای تغییرات دانسیته مشاهده می‌شود. در شکل سطح پاسخ ملاحظه می‌شود که در سطوح بالاتر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم (۷۵٪)، با کاهش سطوح جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت دانسیته کاهش می‌یابد. در سطوح پایین‌تر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم (۲۵٪)، افزایش دانسیته با کاهش



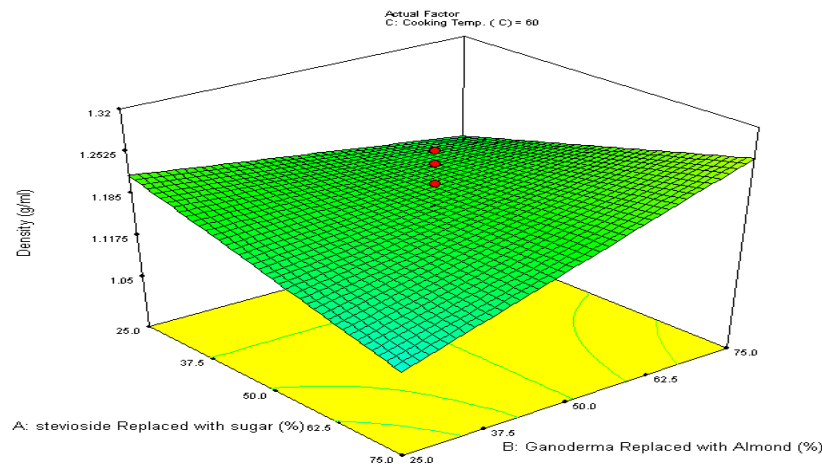
جدول ۳- مقادیر ضرایب برآورد شده مدل انتخابی برای صفات مورد مطالعه و نتایج تجزیه واریانس

Table 3-The assessed coefficients contents of the selected model for the studied attributes and the results of the analysis of variance

Source	Response																					
	Density (g/cm <sup>3</sup> )		Hardness (N)		Cohesiveness		Adhesiveness (N.min)		Adhesive force (N)		Springiness		Gumminess (N)		Chewiness (N)		L*	a*	b*			
	df	Sum squares	Df	Sum squares	df	Sum squares	df	Sum squares	df	Sum squares	df	Sum squares	df	Sum squares	df	Sum squares	df	Sum squares	df	Sum squares		
Model	2	0.083***	6	8.23×10 <sup>-3</sup> ***	3	6.33×10 <sup>-3</sup> ***	4	0.036***	5	1.80×10 <sup>-3</sup> ***	7	5.00×10 <sup>-3</sup> ***	8	0.50***	8	0.067***	6	113.72***	8	12.98***	3	4.41×10 <sup>5</sup> ***
A	-	-	-	-	1	2.36×10 <sup>-3</sup> ***	-	-	-	-	1	7.75×10 <sup>-4</sup> ***	1	0.017*	1	0.031*	1	19.08***	1	1.14***	-	-
B	1	0.025***	1	3.50×10 <sup>-3</sup> ***	-	-	1	6.74×10 <sup>-3*</sup>	-	-	1	9.74×10 <sup>-4</sup> ***	1	0.17***	1	0.15***	1	13.90***	1	9.52***	-	-
C	-	-	-	-	1	3.04×10 <sup>-3</sup> ***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.29*	-	-	-	-
AB	1	0.058***	1	8.28×10 <sup>-4*</sup>	1	5.78×10 <sup>-3*</sup>	1	6.82×10 <sup>-3</sup> ***	-	-	1	4.76×10 <sup>-4*</sup>	1	0.54***	1	0.073***	-	-	1	0.55***	1	1.90×10 <sup>5</sup> ***
AC	-	-	-	-	-	-	1	6.11×10 <sup>-3*</sup>	-	-	1	2.05×10 <sup>-3</sup> ***	1	0.018*	1	0.05***	-	-	1	0.15**	-	-
BC	-	-	1	9.65×10 <sup>-4**</sup>	-	-	-	-	1	3.93×10 <sup>-4</sup> ***	-	-	1	0.041***	1	0.046***	-	-	-	-	-	-
ABC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4.27×10 <sup>-4*</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A <sup>2</sup>	-	-	1	2.80×10 <sup>-3</sup> ***	-	-	1	0.018***	1	1.16×10 <sup>-4</sup> ***	-	-	1	0.19***	1	0.18***	1	95.42***	1	0.99***	-	-
B <sup>2</sup>	-	-	1	1.05×10 <sup>-3**</sup>	-	-	-	-	1	3.33×10 <sup>-4</sup> ***	-	-	1	0.06***	1	0.06***	1	8.40***	1	0.36*	-	-
C <sup>2</sup>	-	-	1	6.75×10 <sup>-4**</sup>	-	-	-	-	-	-	1	4.50×10 <sup>-4*</sup>	1	0.018*	1	0.02*	1	15.94***	1	0.20**	1	1.73×10 <sup>5</sup> ***
A <sup>2</sup> B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A <sup>2</sup> C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7.28×10 <sup>-4</sup> ***	-	-	-	-	-	-	1	0.47**	-	-
AB <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	77729.5*
AC <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7.87×10 <sup>-4</sup> ***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4.20×10 <sup>-4</sup> ***	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Residual	30	0.16	26	3.03×10 <sup>-3</sup>	23	3.33×10 <sup>-3</sup> ***	26	0.022	14	2.88×10 <sup>-4</sup>	21	1.68×10 <sup>-3</sup>	24	0.095	24	0.11	23	7.40	19	0.89	19	2.6×10 <sup>5</sup>
Lack of fit	12	0.061 <sup>ns</sup>	8	1.37×10 <sup>-3ns</sup>	9	1.53×10 <sup>-3</sup> ***	10	0.012 <sup>ns</sup>	8	1.12×10 <sup>-4ns</sup>	7	4.58×10 <sup>-3ns</sup>	6	0.032	6	0.34 <sup>ns</sup>	7	3.50 <sup>ns</sup>	4	0.22 <sup>ns</sup>	8	99994.36 <sup>ns</sup>
R <sup>2</sup>		0.33		0.73		0.65		0.62		0.86		0.74		0.84		0.82		0.93		0.93		0.62
Pure error	18	0.1	18	1.66×10 <sup>-3</sup>	14	1.80×10 <sup>-3ns</sup>	16	9.68×10 <sup>-3</sup>	16	1.76×10 <sup>-4</sup>	14	1.23×10 <sup>-3</sup>	18	0.063	18	0.078	16	3.90	15	0.67	11	1.62×10 <sup>5</sup>
Cor total	32	0.25	32	0.011	26	9.66×10 <sup>-3</sup>	30	0.058	29	2.08×10 <sup>-3</sup>	28	6.69×10 <sup>-3</sup>	32	0.59	32	0.64	29	121.12	27	13.87	22	7.03×10 <sup>5</sup>

-. Non significant effect of variable on response, \*Significant at 5%; \*\* Significant at 1%, \*\*\* Significant at 0.1%, ns= Not significant.





شکل ۱- اثر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم بر دانسیته لوز رژیمی  
Figure 1- Effect of replacement of sucrose with stevioside- isomalt and replacement of almond with *Ganoderma lucidum* on density

استویوزید- ایزومالت (۲۵٪)، روند تغییرات میزان سفتی با افزایش سطوح جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم ابتدا افزایشی و سپس کاهش می‌شود. با توجه به شکل ۲- b ملاحظه می‌شود که در سطوح مختلف جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، با کاهش دمای پخت سفتی افزایش یافت. و در هر سطح از دمای پخت، افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم موجب افزایش سفتی یافت شد.

بر طبق جدول ضرایب مدل، افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و دمای پخت باعث افزایش پیوستگی شد، و چسبندگی نیز با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و در مقادیر بالاتر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت افزایش یافت (جدول ۳). همانطور که در شکل ۲- c مشخص است، در هر سطح از جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، پیوستگی یافت با کاهش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت افزایش می‌یابد. در سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، افزایش پیوستگی یافت با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم مشهود است. در سطوح پایین‌تر

#### تغییرات بافت

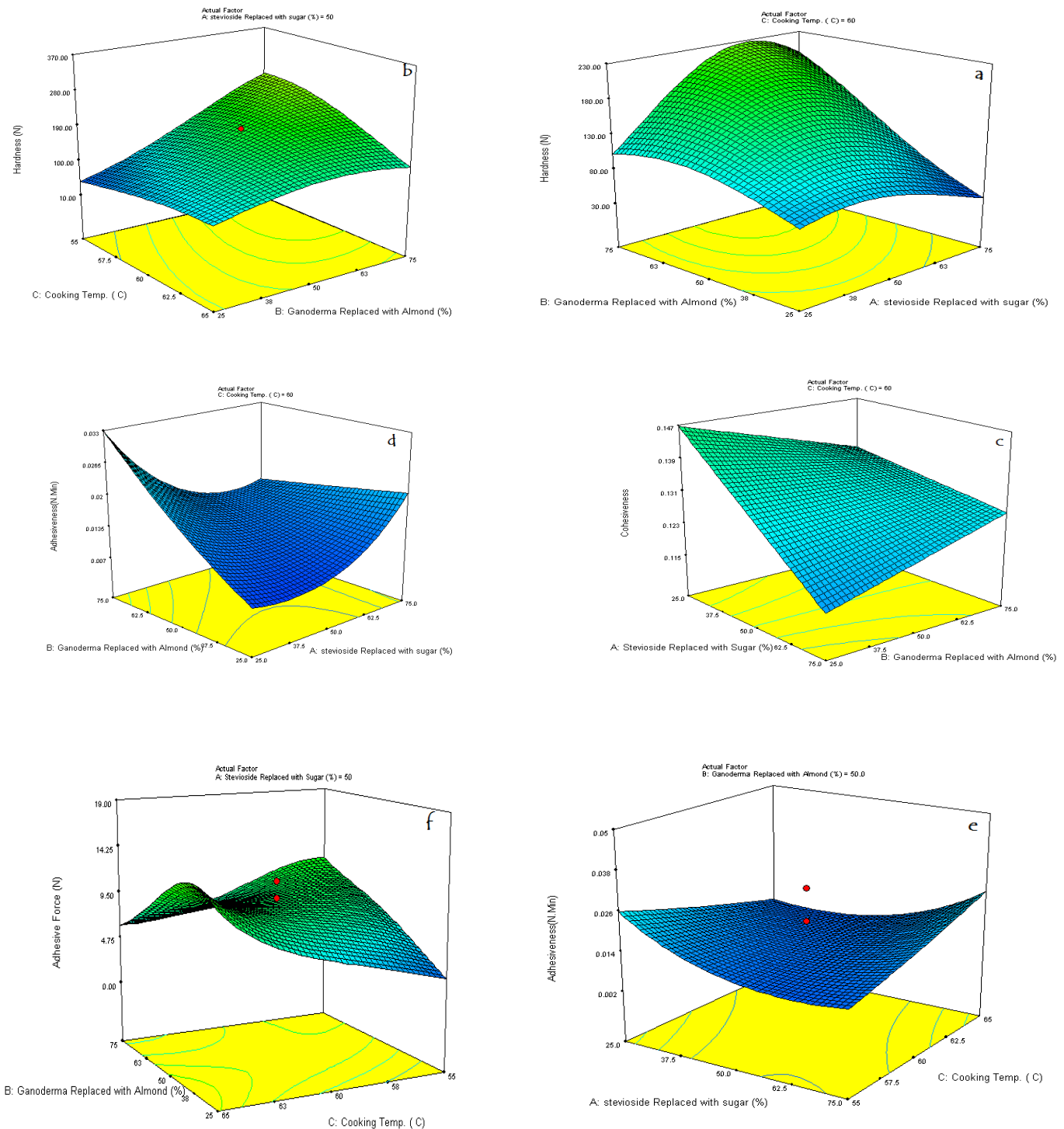
بر اساس نتایج جدول ۳، اثر خطی جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، اثر متقابل جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، اثر متقابل جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و دمای پخت و اثر درجه دوم متغیرها بر سختی بافت معنی‌دار بود ( $P < 0.05$  و  $P < 0.001$ ). افزایش سفتی بافت با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و به ویژه در سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، و همچنین دماهای بالاتر افزایش سفتی مشهود است (جدول ۳). در شکل ۲- a مشاهده می‌شود که در هر سطح از جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، با افزایش سطوح جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت تیمارها ابتدا افزایش و سپس با شیب بسیار کم کاهش می‌یابد. در سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت (۷۵٪)، افزایش سطوح جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم موجب افزایش سفتی تیمارها شده است. و در سطوح پایین‌تر جایگزینی شکر با

دمای پخت نیروی چسبندگی به ترتیب، افزایش و کاهش یافت. در سطوح بالاتر دمای پخت، با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم نیروی چسبندگی ابتدا با شیب تندی افزایش و سپس کاهش پیدا کرد. در سطوح پایین‌تر دمای پخت، با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم، نیروی چسبندگی روند افزایشی داشت.

مطابق با نتایج حاصل از جدول ۳، اثر خطی جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم بر تغییرات ارتجاعیت، قابلیت جویدن و صمغیت معنی‌دار بود ( $P < 0.05$  و  $P < 0.001$ ). پارامترهای بافتی نظیر ارتجاعیت، قابلیت جویدن و صمغیت با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم روند افزایشی داشت، و این روند افزایشی برای تغییرات قابلیت جویدن و صمغیت در مقادیر بالاتر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم و دماهای بالاتر مشهودتر بود. در شکل ۳- a مشاهده می‌شود که در هر سطح از جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، ارتجاعیت با کاهش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم افزایش یافت. و در هر سطح از جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم نیز افزایش ارتجاعیت با کاهش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت آشکار است. در شکل ۳- b، در سطوح بالاتر و پایین‌تر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، با کاهش دمای پخت ارتجاعیت به ترتیب، افزایش و کاهش پیدا کرد.

جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، پیوستگی بافت با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم کاهش می‌یابد. بیشترین میزان پیوستگی و انسجام در سطوح ۲۵٪ جایگزینی شکر با استویوزید و ۷۵٪ جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم به دست آمد.

با توجه به شکل ۲- d، در هر سطح از جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، چسبندگی با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم افزایش می‌یابد. در سطوح پایین‌تر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم (۲۵٪)، با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت چسبندگی افزایش پیدا کرد. و در سطوح بالاتر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم (۷۵٪)، چسبندگی با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت ابتدا کاهش و سپس با شیب کم افزایش می‌یابد. بر طبق شکل ۲- e، در سطوح پایین‌تر دمای پخت (۵۵ درجه سانتی‌گراد)، چسبندگی با کاهش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت روند افزایشی نشان داد. و در سطوح بالاتر دمای پخت (۶۵ درجه سانتی‌گراد)، چسبندگی با کاهش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. در سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، افزایش چسبندگی با افزایش دمای پخت مشاهده شد. در سطوح پایین‌تر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، تغییرات چسبندگی با افزایش دمای پخت روند کاهشی داشت. مشاهدات شکل ۲- f نشان می‌دهد، در سطوح بالاتر و پایین‌تر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیموم، با کاهش

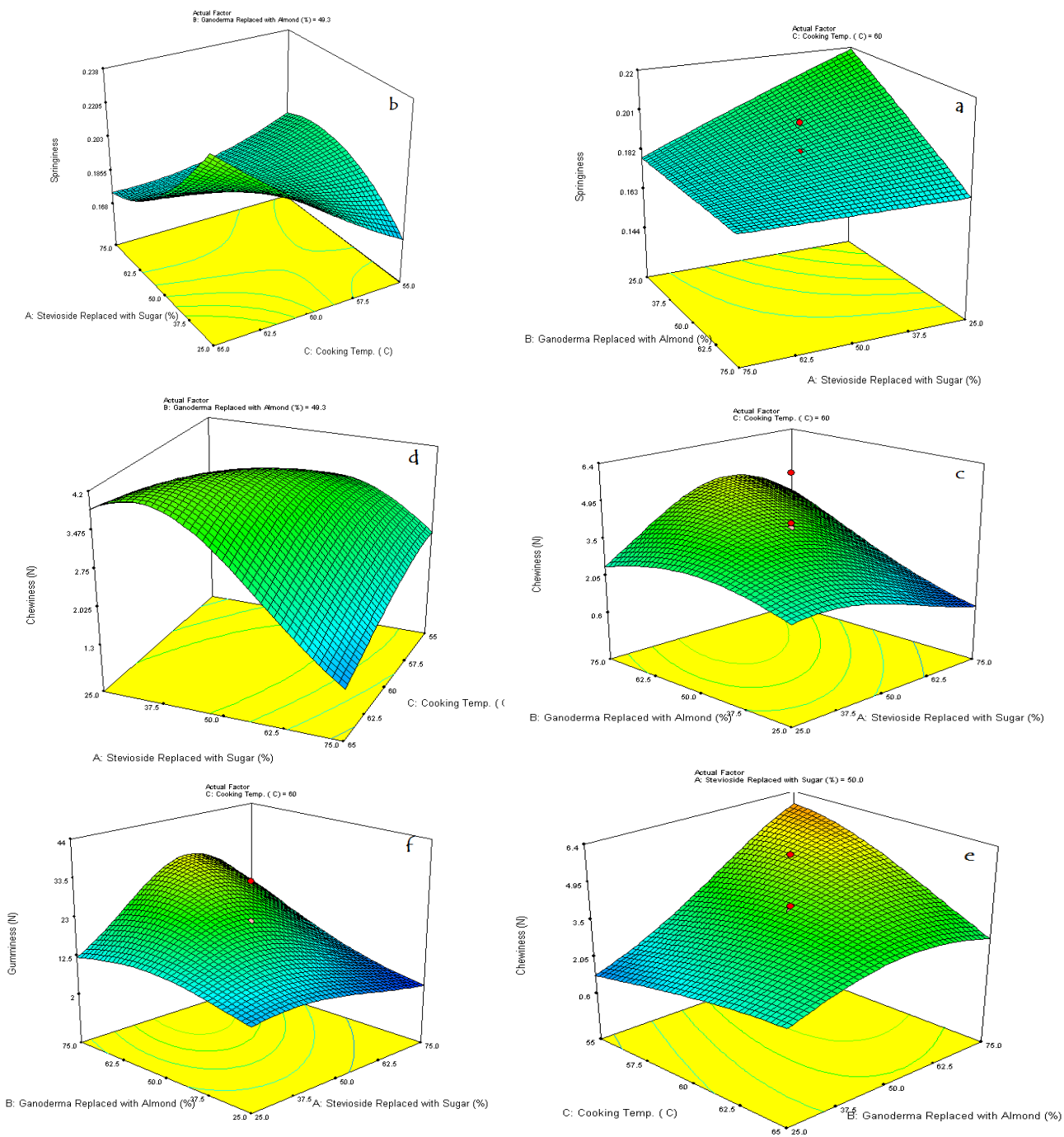


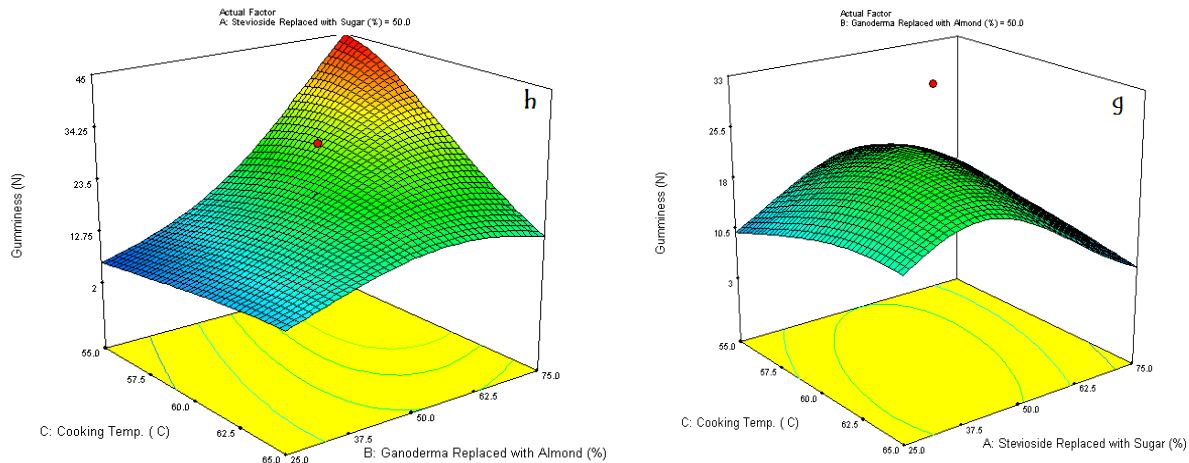
شکل ۲- اثر متقابل جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم بر تغییرات سفتی، پیوستگی و چسبندگی (a, c, d)، جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و دمای پخت بر تغییرات سفتی و نیروی چسبندگی (b, f)، جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و دمای پخت بر تغییرات چسبندگی (e)

Figure 2- Effect of replacement of sucrose with stevioside-isomalt and replacement of almond with *Ganoderma lucidum* on hardness, cohesiveness and adhesiveness (a, c, d), replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and temperature on hardness and adhesive force (b, f), replacement of sucrose with stevioside-isomalt and temperature on adhesiveness (e)

نتایج شکل ۳-f نشان می‌دهد که در هر سطح از جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، صمغیت با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم افزایش یافت. در سطوح بالاتر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، صمغیت با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا کرد. و در سطوح پایین‌تر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، صمغیت با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت روند افزایشی داشت. همانطور که در شکل ۳-h ملاحظه می‌شود در هر سطح از دما، روند تغییرات صمغیت با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت ابتدا افزایشی و سپس کاهش بود. در هر سطح از جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، افزایش صمغیت با کاهش دمای پخت مشاهده شد. بر طبق آنچه در شکل ۳-g مشاهده می‌شود، در هر سطح از دما، صمغیت با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم روند افزایشی را نشان داد. در هر سطح از جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، با کاهش دمای پخت صمغیت افزایش یافت.

در سطوح بالاتر دمای پخت، ارتجاعیت با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت ابتدا با شیب نسبتاً ملایمی کاهش و سپس افزایش یافت. و در سطوح پایین‌تر دمای پخت، ارتجاعیت با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت افزایش پیدا کرد. همانطور که در شکل ۳-c مشخص است، در هر سطح از جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، قابلیت جویدن با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم افزایش یافت. در هر سطح از جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، قابلیت جویدن با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا کرد. بر طبق شکل ۳-d، در هر سطح از دمای پخت، قابلیت جویدن با کاهش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. در سطوح بالاتر و پایین‌تر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، با کاهش دمای پخت قابلیت جویدن به ترتیب، روند افزایشی و کاهش‌دهنده داشت. در هر سطح از دما، قابلیت جویدن با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم افزایش یافت. در هر سطح از جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، افزایش قابلیت جویدن با کاهش دما مشاهده شد (شکل ۳-e).





شکل ۳- اثر متقابل جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم بر تغییرات ارتجاعیت، قابلیت جویدن و صمغیت (a, c, f)، جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و دمای پخت تغییرات ارتجاعیت، قابلیت جویدن و صمغیت (b, d, h)، جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و دمای پخت بر تغییرات قابلیت جویدن و صمغیت (e, g)

Figure 3- Effect of replacement of sucrose with stevioside-isomalt and replacement of almond with *Ganoderma lucidum* on springiness, chewiness and gumminess (a, c, f), replacement of sucrose with stevioside-isomalt and temperature on springiness, chewiness and gumminess (b, d, h), replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and temperature on chewiness and gumminess (e, g)

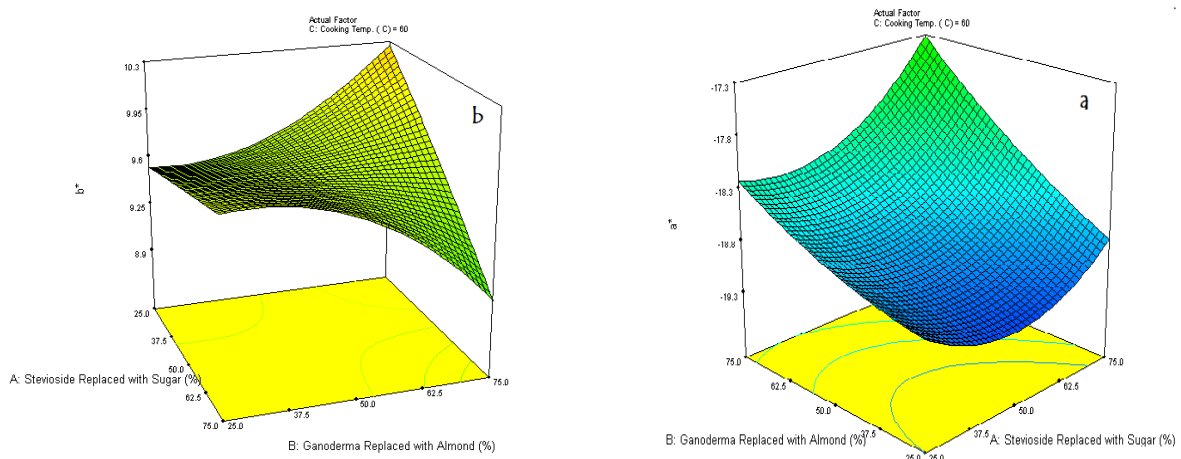
سطوح پایین‌تر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت تغییرات شاخص (a\*) ابتدا کاهش و سپس افزایش پیدا کرد. در سطوح بالاتر جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت باعث افزایش تغییرات شاخص (a\*) شد. اثر متقابل درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم در مقادیر بالاتر هر دو متغیر (۷۵٪) منجر به افزایش شاخص (a\*) گردید. در شکل ۴- b مشاهده می‌شود که در هر سطح از جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، با کاهش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت تغییرات شاخص (b\*) کاهش یافت. در سطوح بالاتر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، تغییرات شاخص (b\*) با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. و در سطوح پایین‌تر جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، افزایش تغییرات شاخص

### تغییرات رنگ

بر طبق نتایج جدول ۳، اثر خطی و درجه دوم جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم بر تغییرات شاخص‌های رنگی (L\* و a\*)، و اثر خطی و درجه دوم دمای پخت تنها بر تغییرات شاخص روشنی (L\*) معنی‌دار بود (P<0.05) و نتایج به دست آمده بیانگر افزایش شاخص‌های رنگی (L\* و a\*) با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم به ویژه در مقادیر بالاتر بود. افزایش شاخص‌های رنگی (L\* و b\*) در دماهای بالاتر پخت نیز مشاهده گردید. شکل ۴- a تأثیر متقابل درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم بر تغییرات شاخص (a\*) را نشان می‌دهد، همانطور که ملاحظه می‌گردد در هر سطح از جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم تغییرات شاخص (a\*) افزایش یافت. در



(b\*) با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم مشاهده شد.



شکل ۴- اثر متقابل جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم بر

تغییرات شاخص (a\*) (a)، تغییرات شاخص (b\*) (b)

Figure 4- Effect of replacement of sucrose with stevioside-isomalt and replacement of almond with *Ganoderma lucidum* on a\* (a), and b\* (b)

جدول ۴- مقادیر مورد استفاده برای بهینه سازی و ویژگی و یا هدف آن

Table 4- Values for optimization and its feature or purpose

Independent variable and response	Lower limit		Higher limit		Purpose	
	Optimal 1	Optimal 2	Optimal 1	Optimal 2	Optimal 1	Optimal 2
Replacement of sucrose with stevioside- isomalt (%)	25	0	75	100	Is in range	Is in range
Replacement of almond with <i>Ganoderma lucidum</i> (%)	25	0	75	100	Is in range	Is in range
Temperature (°C)	55	50	65	70	Is in range	Is in range
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.20	0.97	1.35	1.35	Minimize	Minimize
Hardness (N)	15	15	30	30	Maximize	Maximize
Adhesiveness (N.min)	0.04	0.0002	0.05	0.05	Minimize	Minimize
Adhesive force (N)	3	0.49	5	19	Minimize	Minimize
Cohesiveness	0.093238	0.093238	1.163451	1.163451	Maximize	Maximize
Springiness	0.136842	0.136842	0.265957	0.265957	Maximize	Maximize
Gumminess (N)	2.76214	34.8193	43.8193	43.8193	Minimize	Minimize
Chewiness (N)	0.440692	6.8148	6.8148	6.8148	Minimize	Minimize
(a*)	-19.5715	-16.9673	-16.9673	-16.9673	Minimize	Minimize

به دست آید، انجام شد. به منظور اعتبار سنجی مدل‌های حاصل، نمونه‌های بهینه با فرمولاسیون حاوی ۶۸٪ جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، ۲۵٪ جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و دمای پخت ۵۵ درجه سانتی‌گراد و فرمولاسیون حاوی ۳۸٪ جایگزینی شکر

بهبودسازی مدل

پس از تعیین مدل، بهینه‌سازی به منظور دستیابی به سطحی از متغیرهای مستقل که در نتیجه به کارگیری آنها بهترین فرمولاسیون از لحاظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی لوز رژیمی غنی شده



۰٪ جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم) به طور قابل توجهی نسبت به نمونه بهینه ۲ کمتر ارزیابی گردید. تفاوت میان نمونه‌های بهینه و شاهد از نقطه نظر محتوی پروتئین نیز معنی‌دار نبود ( $P>0.05$ ). نتایج مقایسه عدد پراکسید نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد بیانگر آن است که، عدد پراکسید نمونه‌های بهینه به طور معنی‌داری ( $P<0.05$ )، نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. عدد پراکسید با افزایش در صد جایگزینی شکر با استویا و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم در نمونه بهینه تغییر معنی‌داری نکرد ( $P>0.05$ ). پراکسید نمونه شاهد در طول دوره نگهداری افزایش یافت، و افزایش پراکسید نمونه‌های بهینه در روزهای ۳۰ و ۴۵ نگهداری نیز به طور قابل توجهی مشهود بود. در رابطه با دانسیته، تفاوت معنی‌داری میان نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد مشاهده نشد ( $P>0.05$ ). افزایش سطوح جایگزینی شکر با استویوزید و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم در نمونه بهینه منجر به کاهش معنی‌دار عدد پراکسید گردید ( $P<0.05$ ). و دانسیته نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد با گذشت زمان در طی نگهداری تغییر چشمگیری نداشت (جدول ۵).

با استویوزید- ایزومالت، ۰٪ جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و دمای پخت ۶۰ درجه سانتی‌گراد تولید گردید. در جدول ۴ دامنه مقادیر بدست آمده برای فرایند بهینه‌سازی و هدف آن مشخص شده است. مقایسه نمونه‌های بهینه و شاهد در طول دوره نگهداری

### ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی

نتایج بررسی برخی ویژگی‌های کیفی نمونه بهینه و نمونه شاهد (۰٪ جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، ۰٪ جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم، دمای پخت ۷۵ درجه سانتی‌گراد) نشان می‌دهد که درصد چربی و قند کل نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت ( $P<0.05$ ). همانطور که از نتایج جدول ۵ ملاحظه می‌شود افزایش سطوح جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت در نمونه بهینه ۲ (۶۸٪ جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، ۲۵٪ جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم) موجب کاهش معنی‌دار قند کل شد ( $P<0.05$ ). همچنین، میزان چربی در نمونه بهینه ۱ (۳۸٪ جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت،

جدول ۵- مقایسه ویژگی‌های کیفی و فیزیکی نمونه‌های بهینه و شاهد در طول دوره نگهداری

Table 5- Comparison of qualitative and physical characteristics of optimal and control samples during storage

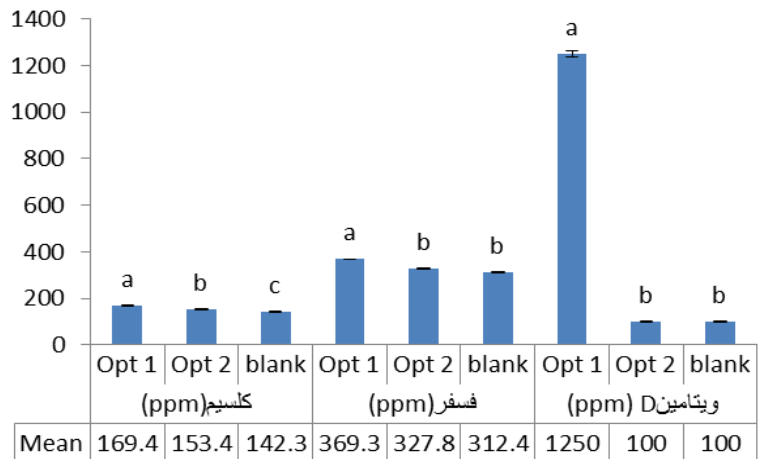
Sample	Day	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Peroxid value (Meq /kg oil)	Total sugar (%)	Fat (%)	Protein (%)
Blank	0	1.75±0.40 <sup>ab</sup>	2.99±0.01 <sup>b</sup>	-	-	-
	15	1.35±0.15 <sup>abcd</sup>	1.96±0.15 <sup>c</sup>	-	29.99±0.74 <sup>a</sup>	4.61±0.16 <sup>a</sup>
	30	1.16±0.11 <sup>bcd</sup>	3.35±0.40 <sup>a</sup>	-	-	-
	45	0.99±0.01 <sup>d</sup>	3.38±0.01 <sup>a</sup>	28.12±0.52 <sup>a</sup>	-	-
Optimal 1	0	1.14±0.14 <sup>bcd</sup>	0.36±0.01 <sup>h</sup>	-	-	-
	15	1.04±0.01 <sup>d</sup>	0.43±0.04 <sup>h</sup>	-	16.35±0.87 <sup>c</sup>	5.75±1.21 <sup>a</sup>
	30	1.01±0.18 <sup>d</sup>	0.55±0.02 <sup>g</sup>	-	-	-
	45	0.98±0.02 <sup>d</sup>	0.63±0.02 <sup>efg</sup>	11.56±0.27 <sup>b</sup>	-	-
Optimal 2	0	1.70±0.16 <sup>a</sup>	0.60±0.01 <sup>fg</sup>	-	-	-
	15	1.56±0.45 <sup>abc</sup>	0.65±0.02 <sup>ef</sup>	-	25.84±0.74 <sup>b</sup>	4.94±0.12 <sup>a</sup>
	30	1.09±0.23 <sup>cd</sup>	0.69±0.02 <sup>de</sup>	-	-	-
	45	1.27±0.43 <sup>abcd</sup>	0.75±0.02 <sup>d</sup>	17.07±0.16 <sup>c</sup>	-	-

Different superscript letters indicate significant difference ( $P<0.05$ )

Optimal 1: 38% replacement of sucrose with stevioside- isomalt, 0% replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and temperature 60 °C; Optimal 2: 68% replacement of sucrose with stevioside- isomalt, 25% replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and temperature 55 °C

شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم موجب افزایش چشمگیر کلسیم، فسفر و ویتامین D شد.

نتایج حاصل در شکل ۵ نشان می‌دهد محتوی کلسیم، فسفر و ویتامین D نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت ( $P < 0.05$ ). افزایش درصد جایگزینی



شکل ۵- مقایسه ویژگی‌های کیفی نمونه‌های بهینه و شاهد

Figure 5- Comparison of qualitative characteristics of optimal and control samples

Different superscripts indicate a significant difference at  $p < 0.05$ .

Optimal 1: 38% replacement of sucrose with stevioside- isomalt, 0% replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and temperature  $60^{\circ}\text{C}$ ; Optimal 2: 68% replacement of sucrose with stevioside- isomalt, 25% replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and temperature  $55^{\circ}\text{C}$

بهینه ۱ نسبت به نمونه بهینه ۲ و نمونه شاهد در روز آغازین آزمایش مشاهده شد. همچنین روند مشابهی برای تغییرات صمغیت و قابلیت جویدن نمونه بهینه ۲ و نمونه شاهد در طی دوره نگهداری مشاهده گردید ( $P > 0.05$ )، درحالی‌که میزان صمغیت و قابلیت جویدن نمونه بهینه ۱ نسبت به نمونه بهینه ۲ و نمونه شاهد در روزهای ۰، ۳۰ و ۴۵ نگهداری روند افزایشی داشت ( $P < 0.05$ )، (جدول ۶).

#### ویژگی‌های بافتی

ارزیابی بافت نمونه‌ها نشان داد که میزان سفتی نمونه بهینه ۱ بالاتری در طول دوره نگهداری در مقایسه با نمونه بهینه ۲ و نمونه شاهد بیشتر بود ( $P < 0.05$ ). میزان چسبندگی نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد در طول دوره نگهداری تغییر محسوسی را نشان نداد ( $P > 0.05$ ). روند تغییرات پیوستگی و ارتجاعیت (فنریت) نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد در طی روزهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ نگهداری مشابه بود، و تنها کاهش معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) در نمونه

## جدول ۶- مقایسه ویژگی‌های بافتی نمونه‌های بهینه و شاهد در طول دوره نگهداری

Table 6- Comparison of textural properties of optimal and control samples during storage

Sample	Day	Hardness (N)	Adhesiveness (N. min)	Cohesiveness	Springiness	Gumminess (N)	Chewiness (N)
Blank	0	35.00± 11.24 <sup>f</sup>	0.023± 0.026 <sup>bc</sup>	0.31±0.08 <sup>b</sup>	0.38± 0.12 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.12 <sup>b</sup>	4.28± 2.39 <sup>ef</sup>
	15	100.94± 11.33 <sup>de</sup>	0.015±0.019 <sup>bc</sup>	0.19±0.05 <sup>c</sup>	0.28± 0.01 <sup>bc</sup>	19.47±6.11 <sup>de</sup>	5.65 ± 1.94 <sup>cdef</sup>
	30	120.33± 33.45 <sup>cd</sup>	0.019± 0.013 <sup>c</sup>	0.20± 0.01 <sup>c</sup>	0.30±0.02 <sup>bc</sup>	24.87± 6.73 <sup>cd</sup>	7.58± 2.60 <sup>cde</sup>
	45	156.10 ± 18.24 <sup>bc</sup>	0.024± 0.024 <sup>bc</sup>	0.18±0.004 <sup>c</sup>	0.23 ± 0.01 <sup>c</sup>	29.51± 2.77 <sup>c</sup>	7.00± 0.80 <sup>cdef</sup>
Optimal 1	0	182.33± 37.09 <sup>b</sup>	0.004± 0.002 <sup>c</sup>	0.23± 0.002 <sup>c</sup>	0.23±0.02 <sup>c</sup>	42.79± 12.76 <sup>b</sup>	9.91± 2.82 <sup>c</sup>
	15	71.15± 1.82 <sup>ef</sup>	0.027± 0.014 <sup>bc</sup>	0.23±0.02 <sup>c</sup>	0.26 ± 0.002 <sup>bc</sup>	16.91±0.28 <sup>de</sup>	4.44± 0.02 <sup>ef</sup>
	30	403.64± 42.78 <sup>a</sup>	0.014 ± 0.0015 <sup>bc</sup>	0.12± 0.01 <sup>c</sup>	0.23±0.03 <sup>c</sup>	87.13± 4.08 <sup>a</sup>	20.08 ± 3.32 <sup>a</sup>
	45	399.95±0.07 <sup>a</sup>	0.018 ± 0.00 <sup>bc</sup>	0.20± 0.00 <sup>c</sup>	0.18 ± 0.0007 <sup>c</sup>	82.06 ± 0.02 <sup>a</sup>	14.89± 0.05 <sup>b</sup>
Optimal 2	0	40.01± 3.37 <sup>f</sup>	0.094± 0.034 <sup>-a</sup>	0.39± 0.06 <sup>a</sup>	0.58± 0.19 <sup>a</sup>	15.81 ± 3.08 <sup>de</sup>	9.66± 5.02 <sup>cd</sup>
	15	84.10± 30.04 <sup>de</sup>	0.011± 0.003 <sup>bc</sup>	0.20± 0.02 <sup>c</sup>	0.27 ± 0.02 <sup>bc</sup>	17.02± 4.53 <sup>de</sup>	4.54± 0.88 <sup>ef</sup>
	30	100.24± 8.25 <sup>de</sup>	0.052±0.043 <sup>b</sup>	0.19± 0.01 <sup>c</sup>	0.27±0.02 <sup>bc</sup>	19.52± 0.09 <sup>de</sup>	5.35 ± 0.50 <sup>def</sup>
	45	74.96± 1.34 <sup>ef</sup>	0.022± 0.027 <sup>bc</sup>	0.17± 0.01 <sup>c</sup>	0.21± 0.02 <sup>c</sup>	12.58± 1.15 <sup>e</sup>	2.77± 0.37 <sup>f</sup>

Different superscripts indicate a significant difference at  $p < 0.05$ .

Optimal 1: 38% replacement of sucrose with stevioside- isomalt, 0% replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and temperature 60 °C

Optimal 2: 68% replacement of sucrose with stevioside- isomalt, 25% replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and temperature 55 °C

## آنالیز ریز ساختار بافت

مشاهده ریز ساختار نمونه لوز شاهد نشان داد که این ترکیب حاوی حباب‌های هوای کوچک و بزرگ متعددی است که توسط دیواره‌هایی از هم جدا شده‌اند و توزیع آنها یکنواخت است (شکل ۶- a). در بررسی ریزساختار نمونه‌های لوز بهینه، با افزودن گانودرما لوسسیدیوم از یکنواختی ساختمان نمونه‌ها کاسته و شبکه ژلی با یکنواختی کمتر که از ذرات بزرگ‌تر و منافذ بیشتر تشکیل شده است، مشاهده شد (شکل ۶- b).

## خصوصیات حسی

بر طبق نتایج جدول ۷، نمونه‌ی بهینه ۱ نسبت به نمونه‌ی شاهد و نمونه‌ی بهینه ۲ امتیاز کمتری از حیث ویژگی‌های حسی بافت، مزه و پس طعم دریافت نمود ( $P < 0.05$ ). نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های بهینه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر از حیث امتیاز رنگ و شیرینی نداشتند ( $P > 0.05$ ). در مجموع، امتیاز پذیرش کلی در نمونه‌های بهینه در مقایسه با نمونه‌ی شاهد کاهش پیدا کرد ( $P < 0.05$ ).

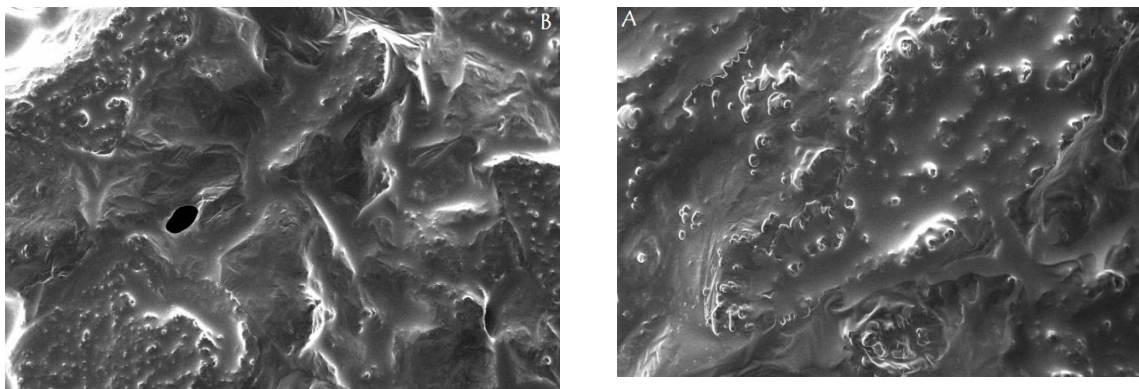
## جدول ۷- مقایسه خصوصیات حسی نمونه‌های بهینه و شاهد

Table 7- Comparison of sensory properties of optimal and control samples

Treatment	Taste	Sweetness	After taste	Colour	Texture	Overall acceptance
Optimal 1	3.60±0.73 <sup>b</sup>	4.10±0.64 <sup>a</sup>	3.20±0.67 <sup>b</sup>	4.30±0.72 <sup>a</sup>	3.10±0.74 <sup>b</sup>	3.50±0.99 <sup>b</sup>
Optimal 2	4.20±0.77 <sup>a</sup>	4.30±0.61 <sup>a</sup>	4.10±0.59 <sup>a</sup>	4.50±0.64 <sup>a</sup>	4.10±0.88 <sup>a</sup>	3.50±0.91 <sup>b</sup>
Blank	4.30±0.72 <sup>a</sup>	4.30±0.61 <sup>a</sup>	4.00±0.84 <sup>a</sup>	4.40±0.73 <sup>a</sup>	3.90±0.96 <sup>a</sup>	4.50±0.64 <sup>a</sup>

Different superscripts indicate a significant difference at  $p < 0.05$ .

Optimal 1: 38% replacement of sucrose with stevioside- isomalt, 0% replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and 60 temperature °C; Optimal 2: 68% replacement of sucrose with stevioside- isomalt, 25% replacement of almond with *Ganoderma lucidum* and 55 temperature °C



شکل ۶- ریزساختار نمونه شاهد (A)، ریزساختار نمونه‌های بهینه (B)

Figure 6- Microstructure of blank (A), Microstructure of optimal samples (B)

## بحث

افزایش ویسکوزیته مخلوط، افزایش قابلیت نگهداری گازها در مخلوط و افزایش سرعت انتقال حرارت ناشی از افزایش دمای دنا توره شدن پروتئین‌ها باشد (لین و همکاران ۲۰۰۳). محققان گزارش نمودند که افزایش حجم مخصوص و کاهش دانسیته کیک‌های تهیه شده با قندهای الکلی به جای ساکارز می‌تواند به علت خروج سریع‌تر حباب‌های هوا در حضور این قندها، و همچنین خاصیت تأخیر دهندگی ساکارز بر دنا توره شدن پروتئین‌های موجود در فرمولا سیون باشد (پیلهوران و همکاران ۱۳۹۳). کاهش دانسیته تیمارها با افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم از ۲۵٪ تا ۷۵٪ را می‌توان به افزایش ویسکوزیته و قدرت حفظ و نگهداری حباب‌های هوای ورودی به مخلوط در اثر افزایش جذب آب مخلوط ناشی از حضور مقادیر

دانسیده یکی از خواص بیوفیزیکی مواد غذایی تلقی می‌شود که می‌تواند بافت و احساس دهانی آنها را تحت تأثیر قرار دهد. ترکیبات فرمولا سیون، و شرایط فرآوری و نگهداری تأثیر به‌سزایی بر روی دانسیته محصول نهایی می‌گذارد. تعیین دانسیته جهت ارزیابی تأثیر متغیرهای مورد نظر (درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم) بر مقدار هوای به‌دام افتاده در مخلوط و میزان تخلخل محصول نهایی اهمیت دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که جایگزینی شکر با استویوزید تا حدودی توانسته اثر مثبت بر دانسیته لوز داشته باشد. به نظر می‌رسد که کاهش دانسیته تیمارها در مقادیر پایین‌تر (۲۵٪) جایگزینی شکر با استویوزید به دلیل

در مقادیر بالاتر گانودرما لوسیدیوم سفتی بافت تیمارها کاهش یافته است که علت این امر را می‌توان به خاصیت جذب و نگهداری آب بالای ترکیبات فیبری موجود در این قارچ نسبت داد. از سوی دیگر، استحکام و سفتی بافت ارتباط مستقیم با دانسیته محصول دارد (گالاکر ۲۰۰۹)، یافته‌های ما در پژوهش حاضر نیز مؤید این مطلب است، به‌گونه‌ای که با افزایش سطوح جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم به‌ویژه در مقادیر بالاتر، دانسیته و سفتی تیمارها کاهش می‌یابد. در مجموع باید اذعان داشت که تغییر در پارامترهای بافتی (چسبندگی، ارتجاعیت، صمغیت و قابلیت جویدن) می‌تواند به دلیل برهم‌کنش‌های متعدد میان استویزید و گانودرما با سایر ترکیبات موجود در فرمولاسیون و همچنین تغییر ویسکوزیته و مقاومت و استحکام سیستم باشد (جایرو لینداریت و همکاران ۲۰۱۹). همچنین باید اشاره داشت که علت تغییرات بافت در طول دوره نگهداری را می‌توان به از دست دادن رطوبت، آرایش مجدد پلی‌مرها در ناحیه آموروف و توزیع رطوبت میان ناحیه آموروف و کریستالی نسبت داد (لازاریدو و همکاران ۲۰۰۷). در تحقیق انجام شده توسط برخی محققین، افزودن فیبرهای رژیمی به کیک باعث تولید کیک‌هایی با حجم بیشتر و بافت نرم‌تر نسبت به گروه کنترل شد، در حالیکه افزودن سبوس غلات موجب تولید کیک‌هایی با حجم کمتر و بافت سخت‌تر نسبت به گروه کنترل گردید (لبسی و همکاران ۲۰۱۱). در تحقیقی استفاده از استویا در مخلوط بستنی رژیمی باعث افزایش سفتی بافت بستنی گردید، که محققان علت افزایش سفتی بافت بستنی با افزایش سطوح جایگزینی استویا تا حدود ۱۰۰٪ را کاهش ماده خشک مخلوط بستنی به دلیل پایین آمدن مقدار ساکارز دانستند (غیبی و همکاران ۱۳۹۶).

رنگ یکی از ویژگی‌های ظاهری مواد غذایی است که درک کیفی مصرف‌کننده از محصول را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و در پذیرش محصول توسط مصرف

بالای فیبر رژیمی بتاگلوکان در گانودرما لوسیدیوم نسبت داد (جایرو لینداریت و همکاران ۲۰۱۹). نتایج تحقیقی نشان داد که شاخص حجم کیک با افزودن بتا گلوکان ارزن در فرمول کیک بهبود یافت. سطوح بالاتر بتاگلوکان (۷/۵٪ در مقایسه با ۵٪) موجب کاهش بیشتر حجم نمونه‌های تولیدی گردید (شمار ما و همکاران ۲۰۱۸). در تحقیقی با افزودن پودر قارچ دکمه‌ای در فرمولاسیون کیک مشاهده کردند که با افزایش میزان پودر قارچ از ۰ به ۱۵٪، حجم و دانسیته کیک‌ها به ترتیب، افزایش و کاهش قابل توجهی داشت (صالحی و همکاران ۱۳۹۴).

بافت مواد غذایی یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی محصولات پخت است و نقش مهمی در پذیرش کلی محصول توسط مصرف‌کنندگان دارد. میزان سختی بافت به حداکثر ارتفاع منحنی نیرو در اولین فشار گفته می‌شود که حداکثر نیروی اعمال شده طی عمل گاز زدن را نشان می‌دهد. سفتی بافت به شدت تحت تأثیر قابلیت باند کردن آب و از دست دادن آن در طول دوره نگهداری و برهم‌کنش اجزاء موجود در فرمولاسیون قرار می‌گیرد. فعالیت آبی و رطوبت، ماده خشک، میزان و نوع پروتئین، چربی و قندهای موجود در فرمول محصول، نیز بر سفتی بافت تأثیر به‌سزایی دارند (لازاریدو و همکاران ۲۰۰۷). از آنجایی که گانودرما لوسیدیوم دارای مقادیر قابل توجهی پروتئین، چربی و فیبر رژیمی می‌باشد (لسکوسک-سوکالویس و همکاران ۲۰۱۰)، می‌تواند سبب تغییر ویسکوزیته مخلوط شود، و در نتیجه تأثیر قابل توجهی بر میزان سفتی بافت تیمارها داشته باشد. می‌توان این‌گونه استنباط نمود که پروتئین‌های موجود در گانودرما لوسیدیوم با برقراری پیوندهای هیدروژنی میان گروه‌های آمید-هیدروکسیل و هیدروکسیل-کربونیل با گروه‌های قطبی موجود در ساختار سایر اجزاء فرمولاسیون، موجب افزایش استحکام و مقاومت مخلوط و در نتیجه منجر به افزایش سختی بافت می‌شود (جایرو لینداریت و همکاران ۲۰۱۹).

آهن و روی در استویا نیز گزارش شده است (امیری خیزی و همکاران ۱۳۹۲). بنا بر نتایج به‌دست آمده و همانطور که انتظار می‌رفت میزان قند کل نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت. کاهش در صد قند کل در نمونه بهینه را می‌توان به کاهش میزان ساکارز در اثر جایگزینی آن با استویوزید نسبت داد. مانده‌ها و همکاران (۲۰۱۲)، نیز کاهش چشمگیری را در میزان قند کیک اسفنجی با جایگزینی شکر با استویوزید مشاهده کردند.

باید اشاره داشت که مغز بادام حاوی مقادیر بالاتری چربی (۵۴/۶۴ درصد)، (چن و همکاران ۲۰۰۶)، در مقایسه با گانودرما لوسیدیوم (۲/۲۹ در صد)، (راخه و همکاران ۲۰۱۷) می‌باشد، لذا، جایگزین کردن مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم منجر به کاهش محتوی چربی نمونه‌های بهینه گردید. همچنین به نظر می‌رسد علت کاهش عدد پراکسید نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد، وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در گیاه استویا از جمله فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، گزانتوفیل‌ها و هیدروکسی‌سینامیک اسیدها (کارینو-سورتز و همکاران ۲۰۰۷)، و مقادیر بالای پلی‌فنول‌ها (گالیک اسید، نارنجین، کامپفرول، کوئرستین، هیسپریدین)، فلاونوئیدها و آلکالوئیدها در گانودرما لوسیدیوم باشد (ولجوویس و همکاران ۲۰۱۷). باید تذکر داشت که عناصر معدنی موجود در استویا و گانودرما مانند منگنز، روی و سلنیوم به‌واسطه‌ی پتانسیل اکسید و احیا و تبدیل پراکسید به محصولات غیرفعال، برهم‌کنش هم‌افزایی و خنثی نمودن رادیکال‌های آزاد و شلاته کردن فلزاتی نظیر آهن، از پراکسیداسیون چربی‌ها ممانعت به عمل می‌آورند (اوبادی و همکاران ۲۰۱۷). با بررسی تأثیر استفاده از شیرین‌کننده استویا بر عدد پراکسید شیر کاکائو دیده شد که جایگزینی ساکارز با استویا اثر معنی‌داری بر عدد پراکسید داشت، و با افزایش میزان استویا عدد پراکسید نمونه‌ها کاهش یافت (امیری خیزی و همکاران ۱۳۹۲).

کندنده نقش مهمی ایفا می‌کند. رنگ فرآورده‌های پخت توسط واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد و کاراملیزاسیون ایجاد می‌شود. نتایج حاصله از ارزیابی رنگ بیانگر آن است که جایگزینی شکر با استویوزید و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم در فرمول لوز باعث تغییرات چشمگیری در شاخص‌های رنگی ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) شد. به نظر می‌رسد که وجود مقادیر بالای قندهای مونوساکاریدی (گلوکز و فروکتوز) و فیبرهای رژیمی در گانودرما لوسیدیوم، سبب افزایش شدت واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد شده است، زیرا فیبرهای رژیمی مانند بتاگلوکان به عنوان بافر عمل کرده و از کاهش pH محیط در پی انجام واکنش‌های مایلارد جلوگیری کرده، و رطوبت در حد مناسب جهت انجام این واکنش در حد بالایی باقی مانده و در نتیجه باعث تغییر رنگ محصول می‌گردد. شاید بتوان علت افزایش قرمزی ( $a^*$ ) نمونه‌ها با افزایش در صد جایگزینی شکر با استویوزید و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم در فرمول لوز را با برهم‌کنش میان استویوزید و گانودرما لوسیدیوم با سایر اجزاء موجود در فرمولاسیون و همچنین ترکیبات رنگی موجود در گانودرما لوسیدیوم تفسیر نمود (جایرو لیندات و همکاران ۲۰۱۹).

در بررسی ویژگی‌های شیمیایی محصول مشاهده شد که محتوی کلسیم، فسفر و ویتامین D نمونه‌های بهینه به‌طور قابل توجهی در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافت که علت این امر حضور مقادیر بالای کلسیم، فسفر و ویتامین D در گانودرما لوسیدیوم می‌باشد. نتایج تحقیقات پیشین حاکی از آن است که گانودرما لوسیدیوم منبع غنی از عناصر معدنی و ویتامین‌ها از جمله پتاسیم (۴۳۸ mg/100g)، فسفر (۱۶۷ mg/100g)، کلسیم (۸۳ mg/100g)، منگنز، منیزیم (۵۶ mg/100g)، آهن (۱۰/۵ mg/100g)، مس و روی، ویتامین D (۶۹۲/۵۷ mg/100g) می‌باشد (اوبادی و همکاران ۲۰۱۷). وجود مقادیر قابل توجه اسید فولیک، اسید آسکوربیک، کلسیم،



رژیمی موجب کاهش یکنواختی و به وجود آمدن حفرات با منافذ بزرگ‌تر در مخلوط شد. در واقع، کاهش میزان تخلخل بافت محصول نهایی را می‌توان به افزایش بیش از حد ویسکوزیته و کاهش توانایی مخلوط در حفظ و نگهداری حباب‌های هوای ورودی در طی هم‌زدن ناشی از وجود مقادیر بالای بتاگلوکان در قارچ گانودرما نسبت داد (نقی‌پور و همکاران ۱۳۹۵). از طرفی، خاصیت روان‌کنندگی و نرم‌کنندگی قندهای الکلی و استویوزید موجب می‌شود تا بافت لوز استحکام لازم جهت حفظ و نگهداری حباب‌های هوا را نداشته باشد و در طی فرایند هم‌زدن از بین بروند (امام جمعه و همکاران ۱۳۸۹).

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که روش سطح پاسخ، روش خوب و قابل اطمینان برای انتخاب شرایط بهینه تولید لوز رژیمی غنی‌شده با استفاده از استویوزید- ایزومالت و گانودرما لوسیدیوم است. افزایش درصد جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم موجب افزایش دانسیته، سفتی و چسبندگی تیمارها شد. روند تغییرات ارتجاعیت، صمغیت و قابلیت جویدن با افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم افزایش بود. نتایج حاصل از رنگ سنجی نشان داد که افزایش درصد جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت و جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم منجر به افزایش شاخص‌های رنگی ( $L^*$ ) و ( $a^*$ ) شد. بهترین شرایط تولید لوز رژیمی غنی‌شده را می‌توان فرمولاسیون‌های حاوی ۶۸٪ جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، ۲۵٪ جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد، و ۳۸٪ جایگزینی شکر با استویوزید- ایزومالت، ۰٪ جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم و دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد پیشنهاد کرد که تحت این شرایط میزان کلاسیم، فسفر و ویتامین D افزایش و چربی و قند کل کاهش یافت. به‌طور کلی، گانودرما لوسیدیوم و

نتایج خصوصیات حسی بیانگر آن بود که از نقطه نظر پذیرش کلی، نمونه‌های بهینه نسبت به نمونه شاهد امتیاز کمتری را کسب نمودند درحالی‌که از حیث سایر خصوصیات حسی نظیر شیرینی و رنگ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، میان نمونه‌های بهینه و نمونه شاهد مشاهده نگردید. از نظر بافت محصول، نمونه بهینه ۲ نسبت به نمونه بهینه ۱ امتیاز بالاتری را دریافت نمود. به‌طور کلی، می‌توان اینطور استنباط نمود که ویژگی‌های مختلف استویا مانند مزه، رنگ، شیرینی و ایجاد بافت شباهت زیادی به شکر دارد و جایگزینی شکر با استویوزید در محصول می‌تواند نقش مؤثری در تشابه بیشتر از حیث ویژگی‌های کیفی از جمله ویژگی‌های حسی نسبت به نمونه شاهد داشته باشد (کاراکوستاس و همکاران ۲۰۱۲). در همین راستا مارتینز- سرورا و همکاران (۲۰۱۴)، با مقایسه انواع پلی‌ال‌ها به عنوان جایگزین شکر در مافین تفاوت محسوسی را بین پذیرش مافین‌های دارای شکر و سایر شیرین‌کننده‌ها گزارش نکردند. بر اساس نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر می‌توان اظهار نمود که استفاده از گانودرما لوسیدیوم به عنوان یک ترکیب عملگر اثر نامطلوبی بر خصوصیات حسی محصول نهایی نداشت. بافت و ظاهر محصولات پخت را می‌توان تا حدود زیادی با بررسی ریزساختار آنها مورد مطالعه قرار داد که این ساختار متأثر از ترکیبات مورد استفاده در آن و فرایند تولید آن می‌باشد. وجود حباب‌های هوا در بین دیواره‌های بافت ماده غذایی می‌تواند باعث کاهش دانسیته، تغییر در خواص رئولوژیکی و بافتی محصول، تغییر ظاهری محصول و ایجاد احساس دهانی متفاوت در مصرف‌کننده، افزایش سطح و حجم محصول، تغییر در قابلیت هضم و افزایش ماندگاری از طریق افزایش خلل و فرج در بافت گز و در نهایت ملایم کردن شدت طعم محصول شود (امام جمعه و همکاران ۱۳۸۹). بر اساس نتایج حاصل از آنالیز ریز ساختار، جایگزینی مغز بادام با گانودرما لوسیدیوم در فرمولاسیون لوز



## سپاسگزاری

از شرکت دانش بنیان سلامت گستران آریان فرامش به دلیل همکاری‌های علمی و پژوهشی در راستای محقق شدن این تحقیق کمال تشکر را دارد.

مخلوط استویوزید-ایزومالت به‌طور موفقیت‌آمیزی می‌توانند در فرمولاسیون لوز رژیمی غنی شده با هدف بهبود ویژگی‌های کیفی، فیزیکی و بافتی مورد استفاده قرار گیرند.

## منابع مورد استفاده

- مؤ سسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۹. مواد غذایی - اندازه گیری ویتامین D به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا- اندازه گیری کوله کلسیفرول (D<sub>3</sub>) یا ارگو کلسیفرول (D<sub>2</sub>). استاندارد ملی ایران، شماره ۱۳۵۷۹.
- امام جمعه ز، قاهری ر و اسدی غ، ۱۳۸۹. بررسی اثر جایگزینی ساکارز و کلوز با دو شیرین کننده رژیمی بر خصوصیات بافتی و ریزساختار گز. نشریه پژوهش های علوم صنایع غذایی ایران، ۶، ۱۳۵-۱۳۰.
- امیری خیزی ب، امیرخیزی ف و حسینی س ج، ۱۳۹۲. خواص بیوشیمیایی و تغذیه ای شیرین کننده طبیعی استویا. بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی. شیراز، دانشگاه شیراز.
- پيله وران م، توکلی پور ح، بیرقی طوسی ش و شفافی زونزیان م، ۱۳۹۳. بهینه سازی فرمولاسیون کیک یزدی کم کالری با استفاده از شیرین کننده‌های استویوزید، ایزومالت و سوربیتول. اولین همایش ملی میان وعده های غذایی. مشهد.
- حمزه لویی م، میرزایی ح و قربانی م، ۲۰۰۹. بررسی اثر جایگزینی شیرین کننده های استویا به جای شکر بر اندیس پراکسید چربی بیسکویت. فصلنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶(۱)، ۲۹۸-۲۹۱.
- سیدی پ، روفه گری نژاد ل، ۱۳۹۶. تاثیر صمغ گزانتان و عربی بر ویژگی‌های کیفی شیرینی نوقا. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۷(۲)، ۱۷۵-۱۸۶.
- صالحی ف، کاشانی نژاد م، صادقی ماهونک ع و ضیایی فرام، ۱۳۹۴. غنی‌سازی کیک اسفنجی با پودر قارچ دکمه ای خشک شده در سامانه مادون قرمز-هوای داغ. فصلنامه فناوری های نوین غذایی، ۳(۹)، ۹-۱.
- غیبی ن، رفتنی امیری ز و کسائی م، ۱۳۹۶. بررسی اثر استویا و اینولین بر روی ساختار، خصوصیات فیزیکی شیمیایی و حسی بستنی رژیمی. مجله علوم و صنایع غذایی، ۱۴(۶۳)، ۱-۱۴.
- نقی پور ف، طباطبایی یزدی ف، کریمی م، مرتضوی س ی و محبی م، ۱۳۹۵. ارزیابی اثر بتاگلوکان سورگوم به عنوان جایگزین چربی جهت تولید کیک برنجی بدون گلوتن کم چرب. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۶۱، ۱۶۴-۱۵۱.
- A.A.C.C. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. (11<sup>th</sup> ed). Paul, MN, American Association of Cereal Chemists, 40-20.01.
- A.A.C.C. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. (11<sup>th</sup> ed). Paul, MN, American Association of Cereal Chemists, 40-58.01.
- A.A.C.C. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. (10<sup>th</sup> ed). Paul, MN, American Association of Cereal Chemists, 12-46.
- A.A.C.C. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. (10<sup>th</sup> ed). Paul, MN, American Association of Cereal Chemists, 10-30.
- A.A.C.C. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. (10<sup>th</sup> ed). Paul, MN, American Association of Cereal Chemists, 50-80.
- Bayod E, Willers EP and Tornberg E. 2008. Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on the quality of ketchup. LWT-Food Science Technology 41(7): 1289-300.
- Carakostas M, Prakash I, Kinghorn AD, WU CD and Soejarto D. 2012. Steviol Glycosides. Kearsley MW, Boghani N. Maltitol. In: Nadors LOB, editor. Alternative Sweeteners. 4 th ed. Taylor & Francis group 159: 299-315.

- Carino-Cortes R, Hernandez-Ceruelos A, Torres-Valencia JM, Gonzalez-Avila M, Arriaga-Alba M and Madrigal-Bujaidar E. 2007. Antimutagenicity of *Stevia pilosa* and *Stevia eupatoria* evaluated with the Ames test. *Journal of Toxicology in vitro* 21(4): 691-697.
- Chatsudthipong V and Muanprasat C. 2009. Stevioside and related compounds: therapeutic benefits beyond sweetness. *Journal of Pharmacology & therapeutics* 121(1): 41-54 .
- Chen CY, Lapsley K and Blumberg J. 2006. A nutrition and health perspective on almonds. *Journal of the Science of Food, & Agriculture*, 86(14): 2245-2250 .
- Eissa HA, Hussein A and Mostafa B. 2007. Rheological properties and quality evaluation on Egyptian balady bread and biscuits supplemented with flours of ungerminated and germinated legume seeds or mushroom. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 57: 487-496.
- Gallagher E. 2009. *Gluten-free food science and technology*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Gao J, Brennan MA, Mason SL and Brennan CS. 2017. Effects of Sugar Substitution with “Stevianna” on the Sensory Characteristics of Muffins. *Journal of Food Quality* 51(9): 1-11.
- Grotz VL and Munro IC. 2009. An over view of the safety of sucralose. *Journal of Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 55: 1-5.
- Ibrahium M and Hegazy A. 2014. Effect of replacement of wheat flour with mushroom powder and sweet potato flour on nutritional composition and sensory characteristics of biscuits. *Current Science International* 3(1): 26-33.
- Islam MZ, Taneya MLJ, Shams-Ud-Din M, Syduzzaman M and Hoque MM. 2012. Physicochemical and functional properties of brown rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) flour and quality of composite biscuit made thereof. *The Agriculturists* 10(2): 20-28.
- Jairo Lindarte A and Luis-Felipe G. 2019. Effects of replacing fat by betaglucans from *Ganoderma lucidum* on batter and cake properties. *Journal of food science, & technology*, 56(1): 451-461 .
- Jridi M, Souissi N, Ben Salem M, Ayadi MA, Nasri M and Azabou S. 2015. Tunisian date (*Phoenix dactylifera L.*) byproduct: Characterization and potential effects on sensory, textural and antioxidant properties of dairy desserts. *Food Chemistry* 188: 8-15.
- Karp S, Wyrwiz J, Kurek M and Wierzbicka A. 2016. Physical properties of muffins sweetened with steviol glycosides as the sucrose replacement. *Food science and biotechnology* 25(6): 1591-1596.
- Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N and Biliaderis CG. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of food engineering* 79(3): 1033-1047 .
- Lebesi DM and Tzia C. 2011. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food and technology, bioprocess* 4(5): 710-722 .
- Leskosek-Cukalovic I, Despotovic S, Lakic N, Niksic M, Nedovic V and Tesevic V. 2010. *Ganoderma lucidum*-medical mushroom as a raw material for beer with enhanced functional properties. *Food Research International* 43(9): 2262-2269 .
- Lin SD, Hwang CF and Yeh CH. 2003. Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. *Journal of Food Science* 68(6): 2107-2110 .
- Manisha G, Soumya C and Indrani D. 2012. Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hydrocolloids* 29(2): 363-373.
- Martínez-Cervera S, Salvador A and Sanz T. 2014. Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins thermal, rheological, texture and acceptability properties. *Food Hydrocolloids* 35:1-8.
- Nabors LO. 2002. Sweet choices: sugar replacements for foods and beverages. *Food technology* 56(7): 28-34 .
- Obodai M, Narh Mensah DL, Fernandes A, Kortei NK, Dzomeku M, Teegarden M, Schwartz SJ, Barros L, Prempeh J, Takli RK and Ferreira ICFR. 2017. Chemical characterization and antioxidant potential of wild *Ganoderma* species from Ghana. *Molecules* 22(2): 196 .
- Okafor JNC, Okafor GI, Ozumba AU and Elemo GN. 2012. Quality characteristics of bread made from wheat and nigerian oyster mushroom (*Pleurotus plumonarius*) powder. *Pakistan journal of nutrition* 11(1): 5-10.

- Rakhee NKS, Bhardwaj A, Singh VK, Sharma RK, Deswa R, Bhargava K and Misra K. 2017. Characterization of *Ganoderma lucidum*: Phytochemical and Proteomic Approach. *Journal of proteins and proteomic* 8: 25-33 .
- Ronda F, Oliete B, Gomez M, Caballero P and Pando V. 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering* 102(3): 272-277.
- Sharma S, Saxena DC and Riar CS. 2018. Effect of addition of different levels of  $\beta$ -glucan from minor millet on the functional, textural and sensory characteristics of cake premix and cake. *Journal of Food Measurement, & Characterization* 12(2): 1186-1194 .
- Veljovic S, Veljovic M, Nikicevic N, Despotovic S, Radulovic S, Niksic M and Filipovic L. 2017. Chemical composition, antiproliferative and antioxidant activity of differently processed *Ganoderma lucidum* ethanol extracts. *Association of Food Scientists and Technologists* 54(5): 1312-1320.
- Walter JM, and Soliah L. 2010. Objective measures of baked products made with Stevia. *Journal of the American Dietetic Association* 110 (9): 54-57.
- Wang YY, Khoo KH, Chen ST, Lin CC, Wong CH and Lin CH. 2002. Studies on the immuno-modulating and antitumor activities of *Ganoderma lucidum* (Reishi) polysaccharides: functional and proteomic analyses of a fucose-containing glycoprotein fraction responsible for the activities. *Bioorganic, & chemistry, medicinal* 10(4): 1057-1062.

Journal of Food Researches/vol.31 No.2 2021/pp 173-199  
<https://foodresearch.tabrizu.ac.ir>  
DOI: 10.22034/FR.2021.42046.1764

## Optimizing of formulation in diet luz with replacing sucrose and almond with stevioside-isomalt and *Ganoderma lucidum* by response surface methodology

A Khorshidi Rad<sup>1</sup> and M Goli<sup>\*2,3</sup>

Received: September 30, 2020 Accepted: June 19, 2021

<sup>1</sup>MSc, Department of Food Science & Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

<sup>3</sup>Associate Professor, Laser and Biophotonics in Biotechnologies Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

\*Corresponding Author:mgolifood@yahoo.com

**Introduction:** Lifestyle changes related to modification in the eating quality and quantity along with mental stress led to the prevalence of non-communicable diseases such as obesity, diabetes and cardiovascular disease. Considering the consumer's demand, food scientists are now focusing on developing sugar free or low- carbohydrate, fat free and low calorie foods which rich in fiber, protein, minerals and vitamins. Luz is one of the Iranian traditional sweets, which is very popular due to its desirable texture and sensory properties. However, due to its high sugar content, its consumption is limited for obesity and diabetes peoples. In recent years, a number of synthetic sweeteners like saccharine, acesulfame-K, aspartame, which are sweeter than sucrose and nontoxic, have been developed and identified to replace sugar. Stevioside is extracted from the leaves of *S. rebaudiana bertonii* that has a great potential as a new agricultural crop for health promoting foods is increasing, and proximate analysis has shown that Stevia also contains substantial amounts of proteins, potassium, and other essential nutrients. It is a white, crystalline, odorless powder, which is approximately 300 times sweeter than sucrose. Steviol glycosides are noncaloric sweeteners, which makes them an attractive sugar substitute for food industry. Isomalt is a sugar alcohol, low-calorie bulking agent with properties and characteristics similar to sucrose. The sweetening power of isomalt lies between 0.45 and 0.60 as compared with that of sucrose. *Ganoderma lucidum* an oriental fungus, has a long history of use for promoting health and longevity in the world. *Ganoderma* is a rich source of protein, carbohydrate, fat, fiber, minerals and vitamins. Considering that now, no research has been done on the use of *Ganoderma lucidum* and substituting sucrose with stevioside-isomalt in Luz formulation, Therefore, the aim of this study was to investigate the possibility of almond substitution with *Ganoderma lucidum* and sucrose substitution with stevioside-isomalt.

**Materials and methods:** Materials used in Luz formulation consisted of coconut powder, isomalt, sucrose, stevioside, almond, *Ganoderma lucidum* were supplied from salamatgostaran arayan Co. All chemicals were from Merck Co. The formulations of Luz include coconut powder (38.74%), sugar (25.83%), sorbitol (29.63%), almond (2.57%), vanilla (0.2%), cardamom (0.2%), cinnamon (0.26%) and chlorophyll (2.57%) were selected. To produce Luz, the mixture of sugar and sorbitol was heated to boiling temperature and complete dissolution. After the heat treatment (100°C for 2h), the mixture was cooled to 40°C and the coconut and almond powder was added and mixed. At the end, cardamom, cinnamon, vanilla and chlorophyll were added. The prepared mixture was molded and placed at 18°C for 24h. Protein, fat and sugar were determined according to AACC standard numbers, 46-12, 30-10 and 80-50. The density was also determined according to (Islam et al., 2012). High-performance liquid chromatography measurement of vitamin D was performed according to National institute of

standard number 13579. Textural properties were determined using a Texture Analyzer. In this study, the effects of sucrose replacement with stevioside-isomalt (0-100%), almond replacement with *Ganoderma lucidum* (0-100%) and temperature (50-70°C) on qualitative characteristics (density, texture, colour) were investigated by response surface method (RSM) in the form of a central composite design with 6 central point ( $\alpha=2$ ). Optimal and control samples were examined in terms of qualitative characteristics such as protein, fat, sugar, vitamin D, calcium, phosphorus, density, peroxid value, textural (hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness) and sensory properties during 0, 15, 30 and 45 days after production. Comparison of the optimal and control samples was done in a Duncan's new multiple range test using SPSS ver: 9.1 software.

**Results and discussion:** The results revealed that an increase in the percentage of almond replacement with *Ganoderma lucidum* resulted in an increase the density and hardness. Independent variables had not a significant effect on the adhesive force and ( $b^*$ ) of the produced samples, and only almond substitution with *Ganoderma lucidum* had a significant effect on increasing adhesiveness. Springiness, gumminess and chewiness, and also ( $L^*$ ) and ( $a^*$ ) increased with increasing sucrose substitution with stevioside-isomalt and almond with *Ganoderma lucidum*. The lowest density was belonged to sample contains 25% level of almond substitution with *Ganoderma lucidum* and 75% sucrose substitution with stevioside-isomalt. The interaction effect of sucrose substitution with stevioside-isomalt and almond with *Ganoderma lucidum* showed that, springiness increased with reducing substitution levels of sucrose with stevioside-isomalt and almond with *Ganoderma lucidum*. Treatments obtained by the model contain 68% sucrose substitution with stevioside-isomalt, 25% almond substitution with *Ganoderma lucidum* and 55°C temperature and 38% sucrose substitution with stevioside-isomalt, 0% almond substitution with *Ganoderma lucidum* and 60°C temperature, were introduced as optimal samples to maintain the quality characteristics and increase Luz nutritional value. Comparison between treatments showed that the optimal and control samples had not significantly different ( $P>0.05$ ), in terms of protein content and density. During storage time, peroxid value of optimal samples were lower than the control sample ( $P<0.05$ ). Based on the results of sensory evaluation, the optimal and control samples had not significantly different ( $P>0.05$ ), in terms of colour and sweetness, but the optimal samples received a lower overall acceptance score than the control sample ( $P<0.05$ ). In the microstructure evaluation of the optimal samples, due to the presence of *Ganoderma lucidum*, the uniformity of the structure of the samples was reduced and a gel network with larger particles and more pores was formed.

**Conclusion:** According to the results of qualitative characteristics evaluation of the treatments, substitution a part of the sucrose with stevioside-isomalt and almond with *Ganoderma lucidum* in Luz formulation led to a successful reduction of total sucrose and fat, and an increment of calcium, phosphorus and vitamin D.

**Keywords:** Stevioside-Isomalt, Optimization, Density, Hardness, *Ganoderma lucidum*, Diet Luz