Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

بهینه‌سازی اثر غلظت‌های مختلف صمغ گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز بر خصوصیات فیزیکوشیمایی، رئولوژیکی و ارگانولپتیکی بیسکویت بدون گلوتن بر پایه آرد برنج

سیده الهام موسوی کلجاهی[1*]، امیر بابایی‌صدر[2]

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، واحد پژوهش‌های نظری، گروه صنعتی نجاتی (آناتا)، تبریز، ایران
۲- کارشناس ارشد، واحد پژوهش‌های نظری، گروه صنعتی نجاتی (آناتا)، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۸ /۰۷/۰٤ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۲۷)

چکیده

بیماری سلیاک یک ناهنجاری خود ایمنی گوارشی است که به سبب خوردن گلوتن در افراد حساس ایجاد می‌شود. این بیماری یکی از رایج‌ترین ناهنجاری‌های ژنتیکی در جهان است که در اثر هضم پروتئین گلوتن ایجاد شده و تنها راه درمان آن استفاده از یک رژیم غذایی بدون گلوتن است لذا هدف از این پژوهش به کارگیری روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی و بررسی اثر متغیرهای مستقل شامل غلظت‌های مختلف صمغ‌های گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز (۰، ۰/۳ و ۰/٦ درصد) بر خصوصیات فیزیکوشیمایی، رئولوژیکی و ارگانولپتیکی بیسکویت بدون گلوتن بر پایه آرد برنج بود. طبق معادلات به‌دست آمده متغیرهای مستقل اثر معنی‌داری (P۰/۰۵) بر پارامترهای مورد بررسی داشتند؛ به‌طوریکه موثرترین متغیر، اثر غلظت صمغ گزانتان بود. همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داد با افزایش غلظت صمغ‌های مورد استفاده میزان رطوبت، خاکستر کل، تغییرات رنگ و پذیرش کلی بیسکویت‌های بدون گلوتن افزایش یافته و میزان سفتی و ضریب‌پخش آنها کاهش یافت. به‌طورکلی بهینه‌سازی متغیرهای مورد بررسی نشان داد، استفاده از ۰/٦ درصد صمغ گزانتان، ۰/٦ درصد صمغ گوار و ۰/۱۳ درصد صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز منجر به تولید نمونه‌ای مطلوب، با ویژگی‌های کیفی و پذیرش کلی مشابه بیسکویت تهیه شده از آرد گندم می‌گردد که می‌تواند در رژیم غذایی بیماران سلیاکی مورد مصرف قرار گیرد.

کلید واژگان: بدون گلوتن، بهینه‌سازی، سلیاک، کربوکسی‌متیل‌سلولز، گزانتان، گوار

*مسئول مکاتبات: Research@nejati.com

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

۱- مقدمه

بیماری سلیاک یک ناهنجاری مادام‌العمر روده‌ای است که به سبب خوردن گلوتن در افراد حساس ایجاد می‌شود. این بیماری یکی از رایج‌ترین ناهنجاری‌های ژنتیکی در جهان است [۱]. پرولامین یکی از ترکیبات گلوتن است که مسئول بیماری سلیاک می‌باشد و در برخی از دانه‌های غلات نظیر گندم، چاودار، جو، یولاف و برخی از مشتقات آنها دیده می‌شود [۳ و ۲]. یکی از مهمترین محصولات پخت که مورد مصرف تمامی گروه‌های سنی می‌باشد، بیسکویت است، بنابراین می‌تواند به عنوان یک حامل مناسب، جهت تامین مواد مغذی در بیماران سلیاکی باشد؛ همچنین تولید بیسکویت بدون گلوتن بسیار راحتر از نان و کیک بدون گلوتن است، چرا که نقش گلوتن در تولید بیسکویت کم‌رنگتر از نقش آن در نان است. بطوریکه در تهیه بیسکویت شبکه گلوتنی به مقدار کمی جهت ایجاد چسبندگی توسعه می‌یابد و اصولاً خمیر حاصله یک خمیر الاستیک نمی‌باشد. همچنین بافت بیسکویت به ساختار پروتئین-نشاسته وابسته نیست، بلکه به ژلاتینه شدن نشاسته و شکر بستگی دارد [٤ و ٥]؛ در میان انواع آردهای بدون گلوتن، آرد برنج یکی از مهمترین غلات، جهت رژیم‌های غذایی فاقد گلوتن است که دارای خواص تغذیه‌ای منحصربه‌فرد مانند طعم شیرین و مطلوب، رنگ سفید، سهل‌الهضمی، مقادیر پایین سدیم، پروتئین، چربی، فیبر و میزان بالایی از کربوهیدرات‌های قابل هضم است [٦]. با این حال، محصولات بر پایه برنج در مقایسه با محصولات بر پایه گندم به علت نداشتن گلوتن، کیفیت پایینی دارند و برخی مشکلات کیفی مانند حجم پایین و بافت ضعیف در آنها دیده می‌شود، بنابراین استفاده از مواد پلیمری مانند هیدروکلوئیدها که خواص ویسکوالاستیکی مشابه گلوتن را نشان می‌دهند، در محصولات بر پایه آرد برنج اجتناب‌ناپذیر است [۷]. عملکرد هیدروکلوئیدها در محصولات غذایی کنترل و بهبود خواص بافتی و ارگانولپتیکی است [۸]. در میان هیدروکلوئیدهای مختلف گزانتان، گوار و کربوکسی-متیل‌سلولز به طور گسترده‌ای در صنایع غذایی برای طیف وسیعی از فراورده‌های غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. گزانتان به دلیل دارا بودن گروه‌های آب‌دوست فراوان، با ترکیباتی مانند آب و نشاسته در محیط خمیر تشکیل یک ژل قوی را می‌دهد. همچنین این ترکیب به علت داشتن ویسکوزیته بالا در غلظت و سرعت برشی کم، مدول الاستیک بالا، حساس نبودن به حرارت و سازگاری با نمک، عملکرد مناسبی در بهبود بافت، حفظ رطوبت، ماندگاری بالای محصول و ظاهر مناسب را در تولید محصولات آردی بر عهده دارد [۹]. گوار از دیگر هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در صنایع‌غذایی می‌باشد که به سهولت آب جذب می‌کند و یک محلول بسیار غلیظ با خصوصیات تیکسوتروپیکی به وجود می‌آورد و دارای قابلیت استفاده در محصولات بدون گلوتن می‌باشد [۱۰]. از دیگر هیدروکلوئیدهای قابل استفاده در محصولات بدون گلوتن کربوکسی‌متیل‌سلولز است که از مشتقات مهم سلولز می‌باشد. این صمغ به شکل پودر سفید رنگ، بی‌بو، بی‌رنگ، بی‌مزه، تعلیق‌پذیر در آب سرد و گرم و تخمیر نشدنی در شرایط نرمال است و ویژگی‌های کاربردی گوناگونی همچون امولسیون‌کنندگی، تثبیت‌کنندگی و غلظت‌دهندگی را دارد [۱۱].

بنابراین با توجه به مطالعات فوق و افزایش تعداد بیماران سلیاکی در کشورهای خاورمیانه از جمله ایران (آمار شیوع بیماری در ایران ۱ در ١٦٦ نفر گزارش شده است [۱۲]) و افزایش تقاضا برای تولید محصولات بدون گلوتن و همچنین با توجه به اینکه تا کنون هیچ مطالعه‌ای در راستای بهینه‌سازی اثر صمغ‌های گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز بر خواص بیسکویت بدون گلوتن صورت نگرفته است؛ لذا این پژوهش با هدف بررسی تاثیر مستقل و متقابل غلظت‌های مختلف صمغ-های گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و ارگانولپتیکی بیسکویت بدون گلوتن بر پایه آرد برنج جهت تولید صنعتی آن صورت گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه مورد استفاده

در این تحقیق، آرد برنج (۱۰ درصد رطوبت، ۰,۵۸ درصد خاکستر، ۱۲,۸ درصد پروتئین، ۹,٤ درصد فیبر خام و ۳,۳ درصد چربی) از شرکت مامیران گل، روغن نباتی هیدروژنه از شرکت لادن، شکر از شرکت قند ارومیه، پودر آب پنیر و شیر خشک کم‌چرب از شرکت پگاه، لسیتین از شرکت Shankar، پودر هل از شرکت عطاران، نمک طعام از شرکت زهره گرمسار، بیکربنات‌سدیم از شرکت شیرین رایان، بیکربنات آمونیوم از شرکت هیروتجارت، سدیم اسید پیروفسفات از شرکت لیان تجارت، بیکینگ پودر از شرکت

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

بهاره، اسید سیتریک از شرکت پتروپارس نوین، صمغ زانتان از شرکت Rhodia Food، صمغ گوار از شرکت Procisco و صمغ کربوکسی متیل‌سلولز از شرکت Dowchemical و تخم‌مرغ یک روز قبل از تولید نمونه از بازار محلی خریداری و در یخچال نگهداری گردید.

۲-۲- تهیه خمیر بیسکویت

برای تهیه خمیر بیسکویت بر حسب ۱۰۰ گرم آرد برنج از ۲۵ گرم روغن، ۲۱/٦۸ گرم شکر، ۰/۲۸ گرم پودر هل، ۰/۳٤ گرم لسیتین، ۱/٤ گرم پودر آب پنیر، ۲ گرم شیرخشک کم‌چرب، ۰/۹٤ گرم نمک، ۱/۷۹ گرم مخلوط بیکربنات‌سدیم، بیکربنات آمونیوم، سدیم اسید پیروفسفات و بیکینگ‌پودر، ٤/۱۳ گرم تخم‌مرغ، ۰/۱۵ گرم اسید سیتریک و ۷ گرم آب استفاده شد. صمغ‌های گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز به مقدار ۰ ، ۰/۳ و ۰/٦ درصد (وزنی/وزنی) به سایر ترکیبات فرمولاسیون افزوده شدند.

جهت تهیه خمیر، روغن و شکر ابتدا به خوبی به مدت ۵ دقیقه توسط همزن (مدل Bosch ، ساخت کشور آلمان) با دور متوسط مخلوط شدند؛ سپس بقیه ترکیبات از جمله شیرخشک، پودر آب‌پنیر، نمک، تخم‌مرغ، پودر هل، لسیتین به ترکیبات موجود قبلی اضافه گردید، سایر ترکیبات نظیر سدیم اسید پیروفسفات، بیکربنات‌سدیم، بیکربنات‌آمونیوم، بیکینگ‌پودر، اسیدسیتریک نیز در آب حل گردیده و سپس به فرمولاسیون اضافه شدند و ترکیبات حاصله مجدداً به مدت ۵ دقیقه مخلوط شدند. مخلوط آرد برنج و صمغ‌ها به صورت تدریجی و در سه مرحله به مخلوط قبلی اضافه گردیدند، بطوریکه بعد از هر بار افزودن، مخلوط توسط دستگاه میکسر به مدت ۲ دقیقه مخلوط شد تا اینکه خمیر یکنواختی تهیه گردید [۱۳].

۲-۳- تهیه بیسکویت

مقداری از خمیر بیسکویت به ضخامت ۸ میلی‌متر به کمک وردنه بر روی سطح صاف داخل سینی پهن گردید و توسط قالب‌های فلزی دایره شکل به قطر ۳۸ میلی‌متر برش خورد و درون فر پخت الکتریکی مدل Memmert ul 30 در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. بعد از پخت بیسکویت‌ها تا رسیدن به دمای محیط به مدت ۲۰ دقیقه در داخل سینی باقی ماندند تا خنک شوند و سپس در درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. طراحی آزمایشات با استفاده از نرم افزار design expert مطابق جدول زیر صورت گرفت.

Table1 Experimental values designed in response surface methodology

Treatment	Block	Xanthan (%)	Guar (%)	CMC (%)
1	1	0.3	0.3	0.3
2	1	0.6	0.3	0.3
3	1	0.3	0.3	0.6
4	1	0.3	0.3	0.3
5	1	0	0	0.6
6	1	0.6	0	0.6
7	1	0.3	0.3	0
8	1	0	0	0
9	1	0.3	0	0.3
10	1	0.3	0.6	0.3
11	1	0.3	0.3	0.3
12	1	0.3	0.3	0.3
13	1	0.6	0.6	0
14	1	0.6	0	0
15	1	0.6	0.6	0.6
16	1	0	0.6	0.6
17	1	0	0.3	0.3
18	1	0.3	0.3	0.3
19	1	0	0.6	0

۲-٤- روش آزمایش

۲-٤-۱- خواص فیزیکوشیمیایی

محتوای رطوبت از طریق خشک‌کردن نمونه‌ها در آون کنوکسیونی در دمای ۲±۱۳۰ درجه سلسیوس، تا رسیدن به وزن ثابت انجام شد [۱٤]. جهت اندازه‌گیری pH نمونه‌ها از pHمتری که قبلاً کالیبره شده بود، استفاده گردید [۱٤].

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

محتوای خاکستر نمونه‌های بیسکویت، با حرارت‌دهی آنها در کوره الکتریکی اندازه‌گیری شد [۱۵]. ابعاد بیسکویت (قطر و ضخامت) با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد و ضریب پخش آن با تقسیم قطر نمونه بر ضخامت آن محاسبه شد [۱۶]. جهت اندازه‌گیری رنگ، تصاویر دیجیتالی نمونه‌ها در داخل محفظه‌ی معین با شدت نور و فاصله لنز ثابت تا نمونه گرفته شد وتعیین فاکتورهای L*، a* و b* نمونه‌ها توسط نرم‌افزار فتوشاپ انجام گرفت و تغییرات رنگ نسبت به نمونه شاهد به صورت زیر تعیین گشت [۱۷].

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_i^*)^2 + (a_0^* - a_i^*)^2 + (b_0^* - b_i^*)^2}$$

۲-٤-۲- بافت

جهت ارزیابی ویژگی‌های بافتی بیسکویت آزمون خمش سه نقطه‌ای بر روی نمونه‌های بیسکویت با استفاده از دستگاه Brookfield، مدل LFRA 4500، ساخت کشور آمریکا انجام گرفت. حداکثر نیروی ثبت شده برای خم کردن و شکستن نمونه بر حسب نیوتن گزارش گردید [۱۶].

۲-٤-۳- ارزیابی حسی

در این تحقیق از ۵۰ نفر از کارمندان آموزش دیده ابتدایی گروه صنعتی نجاتی (آناتا) برای انجام ارزیابی حسی (رنگ، طعم، بو، تردی و سفتی، پذیرش کلی) استفاده شد و در نهایت میانگین نمرات در بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت [۱۸].

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

مطابق جدول ۲ بررسی اثرات مستقل و متقابل غلظت‌های مختلف صمغ گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل سلولز با استفاده از نرم‌افزار design expert روش سطح پاسخ (RSM) و با استفاده از معادله چند جمله‌ای مرتبه دوم زیر مورد بررسی قرار گرفت.

$$Y=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\beta_3X_3+\beta_1X_1^2+\beta_2X_2^2+\beta_3X_3^2+\beta_{12}X_1X_2+\beta_{13}X_1X_3+\beta_{23}X_2X_3$$

در معادله مذکور، Y پاسخ پیش‌بینی شده، β_0 ضریب ثابت، β_1، β_2، β_3 ضرایب خطی، X_1^2، X_2^2 و X_3^2 اثرات مربعی و β_{12}، β_{13} و β_{23} اثرات متقابل می‌باشند.

Table 2 The independent variables and their levels used for design

Xi	Factor Levels		
	-1	0	+1
Xanthan (X1)(%)	0	0.3	0.6
Guar (X2) (%)	0	0.3	0.6
carboxymethyl cellulose (X3)(%)	0	0.3	0.6

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر تیمارهای مختلف بر محتوای رطوبت

از بین متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر محتوای رطوبت، بیشترین اثر به ترتیب مربوط به صمغ گزانتان (F=۳۵٤/٤٦)، صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=۲۷۵/٦٦) و صمغ گوار (F=۲۳٤/۸۱) در سطح احتمال ۹۵٪ (P<۰/۰۵) بود. همچنین اثرات متقابل صمغ‌های گزانتان و کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=۱۱/۳۷)، گزانتان و گوار (F=۱۰/۹۲) و گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=۱۰/۰۳) نیز بر محتوای رطوبت نمونه‌ها معنی‌دار (P<۰/۰۵) بود که نشانگر اثر سینرژیستی صمغ‌ها در افزایش محتوای رطوبت نمونه‌ها بود. نمودار ۱، ۲ و ۳ اثر مستقل و متقابل غلظت صمغ گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز را بر محتوای رطوبت نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن نشان می‌دهد. مطابق استاندارد ملی ایران (شماره ۳۷) حداکثر محتوای رطوبت بیسکویت ساده ٤/۵ درصد می‌باشد [١٤] که بررسی نمودارهای مذکور حاکی از مطابقت تمامی نمونه‌های تولیدی با استاندارد ملی ایران می‌باشد. همچنین بررسی هر چه بیشتر این نمودارها نشان می‌دهد، نمونه‌های تهیه شده با آرد برنج (بدون صمغ) دارای کمترین میزان رطوبت می‌باشند و با افزایش غلظت هر سه صمغ محتوای رطوبت نمونه‌های بدون گلوتن بیسکویت افزایش می‌یابد که دلیل این امر ماهیت آبدوست هیدروکلوئیدها می‌باشد که سبب انتشار آب و پایداری سیستم می‌شود. از این رو با افزودن صمغ به فرمولاسیون محصولات نانوایی، افزایش میزان رطوبت در محصول نهایی مشاهده می‌گردد که نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از بررسی ناجی طبسی و محبی (۲۰۱۳)، شاکری بروجنی و همکاران (۲۰۱۳)، جمالی ماربینی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد [۲۱- ۱۹]. همچنین برسی نمودار ۱، ۲ و ۳ نشان می‌دهد که در غلظت‌های برابر صمغ‌های به کار رفته، اثر صمغ گزانتان بر میزان افزایش محتوای رطوبت بیشتر از کربوکسی‌متیل سلولز و آن نیز بیشتر از صمغ گوار است که دلیل این امر قدرت بالای صمغ گزانتان

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

در جذب آب و نگهداری آن در طول حرارت‌دهی در فر می‌باشد.

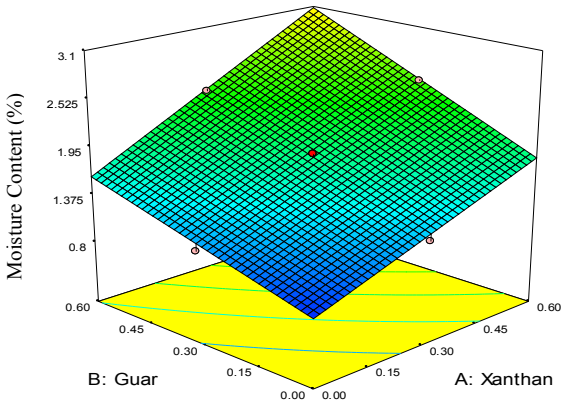

Fig 1 The 3D response surface plots of moisture content affected by xanthan (X1, %) and Guar (X2, %)

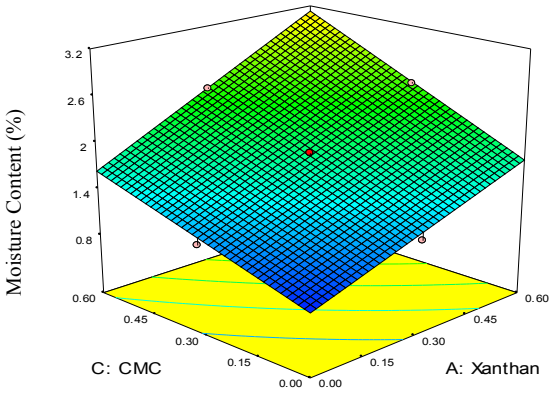

Fig 2 The 3D response surface plots of moisture content affected by xanthan (X1, %) and CMC (X3, %)

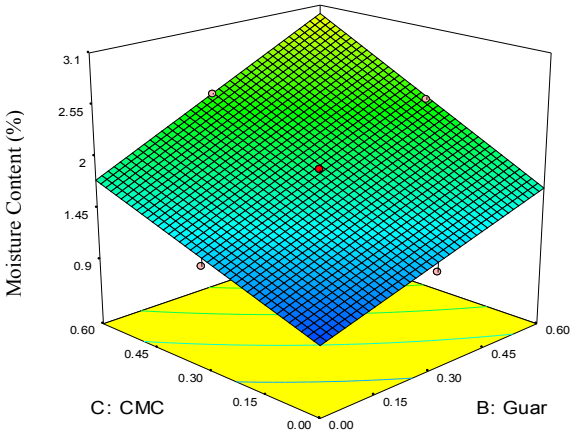

Fig 3 The 3D response surface plots of moisture content affected by Guar (X2, %) and CMC (X3, %)

دلیل جذب آب بالای صمغ گزانتان، مرتبط با ساختار مولکولی آن است؛ بطوریکه مقادیر بالای گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار مولکولی این صمغ، موجب می‌گردد تا به راحتی بتواند توسط پیوندهای هیدروژنی با مولکول‌های آب واکنش دهد که در نتیجه باعث افزایش قابل توجه جذب آب نسبت به صمغ‌های دیگر می‌شود؛ که نتایج بدست آمده با نتیجه حاصل از بررسی صابری و همکاران (۲۰۱۷) که به بررسی تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن با استفاده از مخلوط آرد نخودچی و آرد برنج، صمغ گوار و صمغ گزانتان پرداختند، منطبق است [۲۲].

۳-۲- اثر تیمارهای مختلف بر بافت

از بین متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر بافت نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن بیشترین اثر به ترتیب مربوط به صمغ گزانتان (F=۲۸۱/۸۹)، صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=۲۲٤/۳۹) و صمغ گوار (F=۱۸۵/٦۵) در سطح احتمال ۹۵٪ (P<۰/۰۵) بود. همچنین اثرات متقابل غلظت صمغ‌های گزانتان-گوار و گوار-کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=۸/٤۸)، گزانتان-کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=٦/۳۸) نیز بر بافت نمونه‌ها معنی‌دار (P<۰/۰۵) بود که نشانگر اثر سینرژیستی صمغ‌ها می‌باشد. نمودار ٤، ۵ و ٦ اثر مستقل و متقابل غلظت صمغ‌های گزانتان، گوار و کربوکسی-متیل‌سلولز را بر بافت نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن نشان می‌دهد. مطابق این نمودارها با افزایش غلظت هر سه صمغ نرمیت بیسکویت‌ها افزایش می‌یابد و نیروی لازم جهت شکستن آنها کمتر می‌شود، به عبارتی افزودن صمغ‌ها به بیسکویت‌های برنجی به طور چشمگیری سفتی بیسکویت‌ها را کاهش می‌دهد. روند مشابهی نیز توسط کاور و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده گردید که از صمغ‌های مختلف در تهیه بیسکویت استفاده نمودند، این محققان به این نتیجه رسیدند که استفاده از صمغ‌ها منجر به سفتی و افزایش قوام خمیر می‌گردد اما لزوماً سفتی خمیر منجر به سفتی بیسکویت‌ها نمی‌گردد که علت این امر خاصیت نرم‌کنندگی (جذب بالای آب و کاهش نیروی شکست) صمغ‌ها می‌باشد که منجر به احتباس هر چه بیشتر رطوبت و حباب‌های گاز در حین پخت خمیر و متعاقباً ایجاد خاصیت الاستیسته در خمیر می‌شود [۲۳]. همچنین بررسی نمودار ٤، ۵ و ٦ نشان می‌دهد که در غلظت برابر صمغ‌ها، اثر صمغ گزانتان بر نرمیت بیسکویت‌ها بیشتر از کربوکسی‌متیل سلولز و آن نیز بیشتر از صمغ گوار است که دلیل این امر قدرت بالای صمغ گزانتان و کربوکسی‌متیل‌سلولز در نگهداری رطوبت است که نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از بررسی بنکاردی و همکاران (۲۰۱۸) که از صمغ زانتان در تهیه بیسکویت بدون گلوتن استفاده نمودند، مطابقت دارد

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

[۲٤].

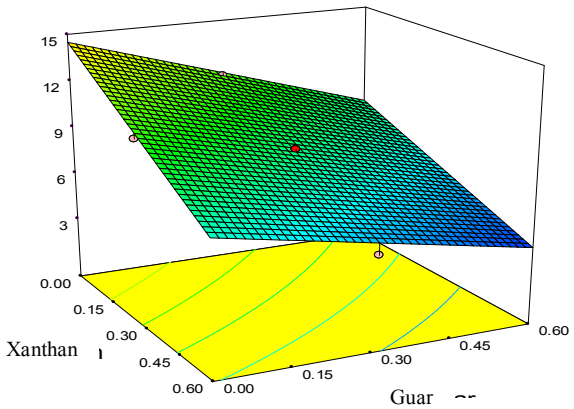

Fig 4 The 3D response surface plots of fracture strength affected by Xanthan (X1, %) and Guar (X2, %)

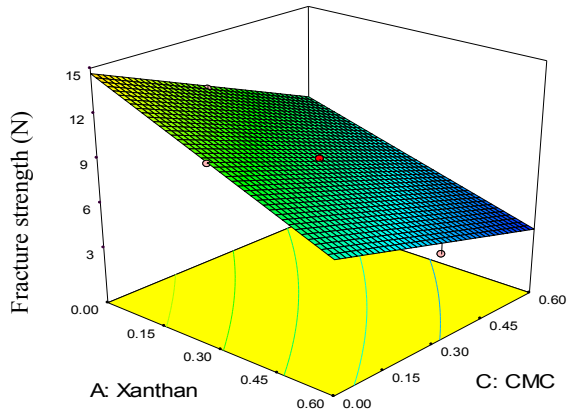

Fig 5 The 3D response surface plots of fracture strength affected by Xanthan (X1, %) and CMC (X3, %)

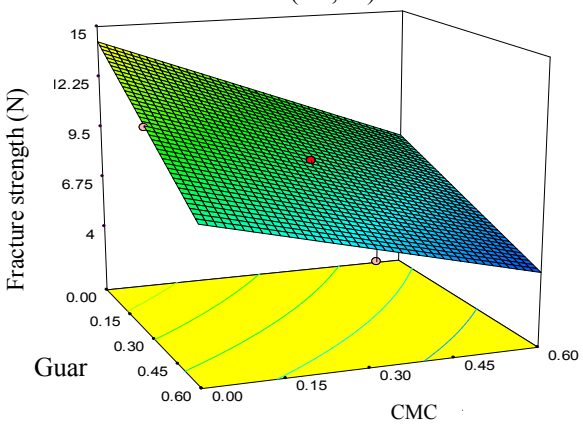

Fig 6 The 3D response surface plots of fracture strength affected by Guar (X2, %) and CMC (X3, %)

۳-۳- اثر تیمارهای مختلف بر ضریب پخش

از بین متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر ضریب پخش نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن بیشترین اثر به ترتیب مربوط به صمغ گوار (F=۲۱۵/۱۸)، کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=۱۸۲/٦۱) و گزانتان (F=۱۷۷/٦۹) در سطح احتمال ۹۵٪ (P<۰/۰۵) بود. همچنین اثرات متقابل صمغ گزانتان-گوار (F=۱٤/۵۳) و گزانتان-کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=٦/۵۸) نیز معنی‌دار بود. نمودار ۷، ۸ و ۹ اثر مستقل و متقابل غلظت صمغ‌های گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز را بر ضریب پخش نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن نشان می‌دهد. مطابق این نمودارها با افزایش غلظت هر سه صمغ ضریب پخش بیسکویت‌ها کاهش یافت. به عبارتی در مقایسه با بیسکویت گندم، بیسکویت برنج دارای میزان وزن، ضخامت و قطر کمتری بود؛ اما استفاده از صمغ‌ها به طور چشمگیری میزان این تفاوت‌ها را کاهش داد؛ در حقیقت با افزایش محتوای رطوبت نمونه‌ها، میزان وزن آنها نیز افزایش یافت؛ یعنی بیسکویت برنجی فاقد صمغ دارای کمترین میزان رطوبت و کمترین میزان ضخامت و وزن بود و میزان پارامترهای مذکور با افزایش میزان صمغ‌ها افزایش یافت؛ با این حال چون اثر افزایش قطر بسیار جزئی‌تر از افزایش ضخامت بود، لذا با افزایش ضخامت نمونه‌ها، ضریب پخش آنها (از نسبت قطر بر ضخامت حاصل می‌شود) کاهش یافت که نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از بررسی کاور و همکاران (۲۰۱۵) که از هیدروکلوئیدهای مختلف در تهیه بیسکویت بدون گلوتن تهیه شده از آرد گندم سیاه استفاده نمودند مطابقت دارد [۲۳].

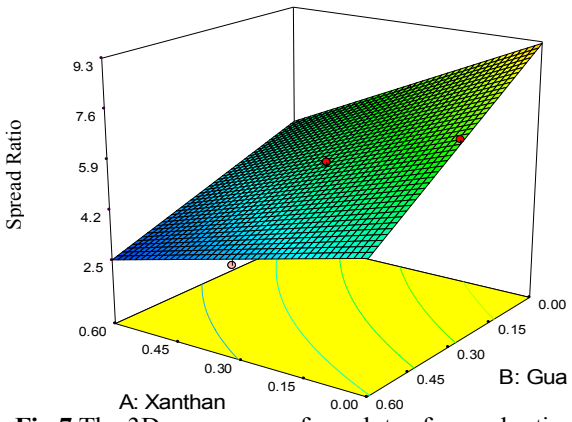

Fig 7 The 3D response surface plots of spread ratio affected by Xanthan (X1, %) and Guar (X2, %)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

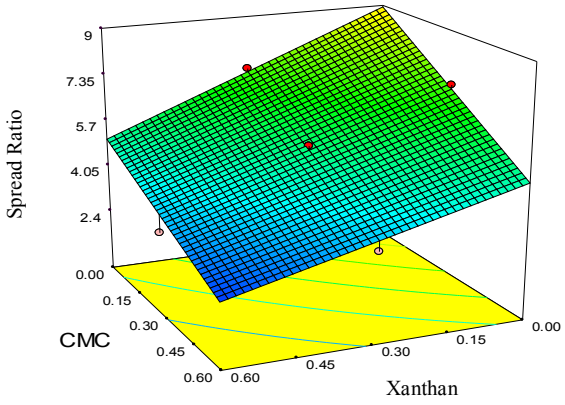

Fig 8 The 3D response surface plots of spread ratio affected by Xanthan (X1, %) and CMC (X3, %)

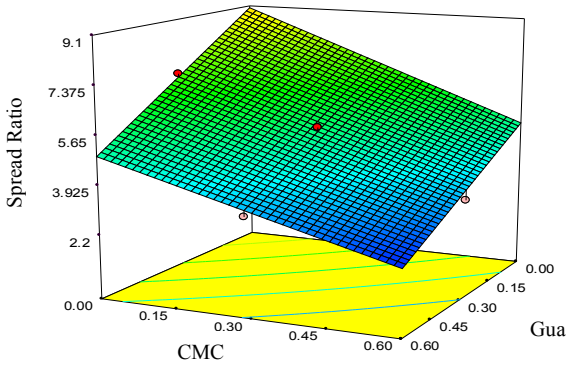

Fig 9 The 3D response surface plots of spread ratio affected by Guar (X2, %) and CMC (X3, %)

همچنین بررسی نمودار ۷، ۸ و ۹ حاکی از آن است که در غلظت‌های برابر صمغ گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز، اثر صمغ گوار بر ضریب پخش بیشتر از کربوکسی‌متیل‌سلولز و آن نیز بیشتر از گزانتان است که دلیل این امر اثر بالای صمغ گوار و CMC در نگهداری بخار آب و گازها می‌باشد که منجر به افزایش هر چه بیشتر ضخامت و متعاقباً کاهش ضریب پخش می‌گردد.

۳-٤- اثر تیمارهای مختلف بر تغییرات رنگ

از بین متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر تغییرات رنگ نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن بیشترین اثر به ترتیب مربوط به صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=٢٦٢٦/٠٢)، گزانتان (F=٩٤٢/٠٨) و گوار (F=٤٠٨/١٩) در سطح احتمال ٩٥٪ (P<٠/٠٥) بود. همچنین اثرات متقابل صمغ گزانتان-گوار (F=٤٧/٦٦) و گزانتان-کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=٤٤/٩٨) و گوار- کربوکسی-متیل‌سلولز (F=١٣/١٤) نیز معنی‌دار بود. نمودار ۱۰، ۱۱ و ۱۲ اثر مستقل و متقابل غلظت صمغ‌های گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز را بر تغییرات رنگ نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن نشان می‌دهد. مطابق این نمودارها با افزایش غلظت هر سه صمغ تغییرات رنگ بیسکویت‌ها نسبت به نمونه فاقد صمغ افزایش یافت. به عبارتی با افزایش غلظت صمغ‌ها، روشنایی (L) رنگ نمونه‌ها افزایش یافت که علت این امر را می‌توان اینگونه توجیه نمود که در اثر استفاده از هیدروکلوئیدها، نحوه‌ی توزیع ذرات آب که بر قهوه‌ای شدن و کاراملیزه شدن تاثیر دارد، تغییر می‌کند [۲۵]؛ یعنی با افزایش محتوای آب نمونه‌ها، رقیق شدن مواد واکنش رخ می‌دهد که نهایتاً منجر به کاهش واکنش قهوه‌ای شدن می‌گردد [۲٦] که نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از بررسی سایر محققان که بر روی نان‌های بدون گلوتن مطالعه می‌کردند، مطابقت دارد [۱ و ۲۵]؛ همچنین نتایج حاصل از بررسی‌های صورت گرفته حاکی از آن است که افزایش صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز علاوه بر افزایش محتوای رطوبت نمونه‌ها و تاثیر بر پارامتر L، منجر به افزایش پارامتر b نمونه‌ها نیز گردیده است [۲۷] و به همین علت در غلظت‌های برابر صمغ، اثر صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز بر روی تغییرات رنگ نسبت به نمونه فاقد صمغ بیشتر از گزانتان و آن نیز بیشتر از گوار بود.

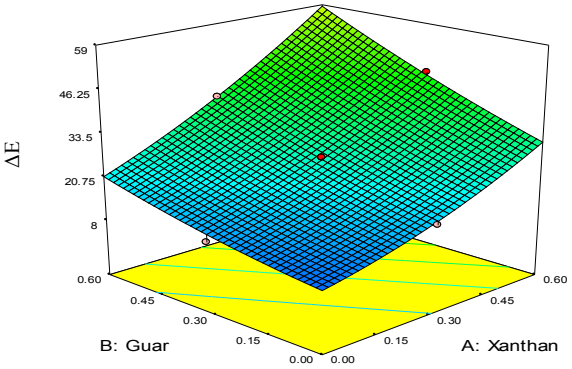

Fig 10 The 3D response surface plots of ΔE affected by Xanthan (X1, %) and Guar (X2, %)

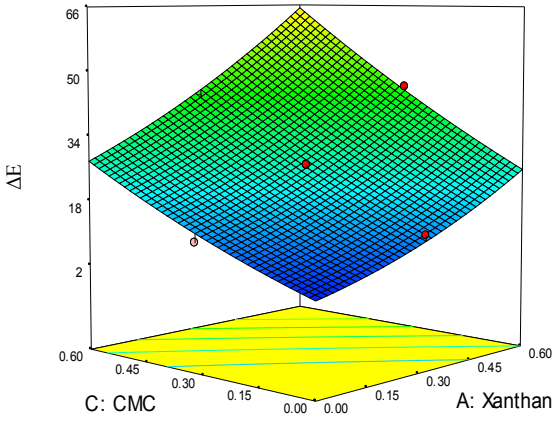

Fig 11 The 3D response surface plots of ΔE affected by Xanthan(X1, %) and CMC (X3, %)

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

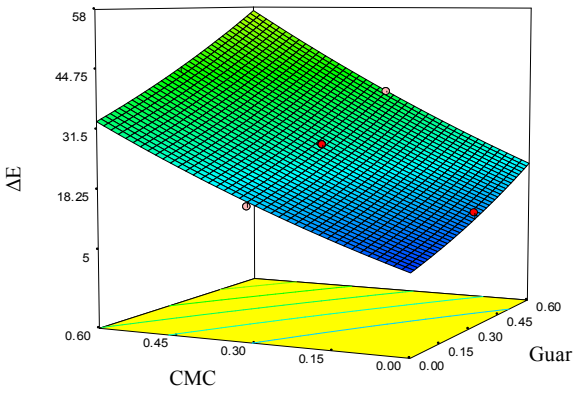

Fig 12 The 3D response surface plots of ΔE affected by Guar (X2, %) and CMC (X3, %)

۳-۵- اثر تیمارهای مختلف بر خاکستر کل و pH

از بین متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر خاکستر کل نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن بیشترین اثر به ترتیب مربوط به غلظت صمغ گزانتان (F=٦٩/١٤)، کربوکسی‌متیل‌سلولز (F=٦١/٦٢) و گوار (F=٣٤/٤٩) در سطح احتمال ٩٥٪ (P<٠/٠٥) بود. نمودار ١٤، ١٥ و ١٦ اثر صمغ‌های مختلف بر خاکستر کل نمونه‌های بیسکویت را نشان می‌دهد که با افزایش غلظت صمغ‌ها خاکستر کل نمونه‌ها افزایش یافته است، که این امر به دلیل افزایش مواد معدنی در اثر افزودن صمغ‌ها در نمونه‌های بیسکویت بود؛ به عبارتی بررسی نمودارها نشانگر حداقل مقدار خاکستر کل در بیسکویت‌های برنجی فاقد گلوتن بود که نتایج حاصله با نتایج حاصل از بررسی کاور و همکاران (٢٠١٥) و موحد و همکاران (٢٠١٣) مطابقت دارد [٩ و ٢٣].

از بین متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر pH، غلظت هیچ کدام از صمغ‌های مورد بررسی بر میزان pH نمونه‌ها معنی‌دار نبود و تفاوت معنی‌داری (P<٠/٠٥) در بین نمونه‌های فاقد صمغ و نمونه‌های برنجی ملاحظه نگردید.

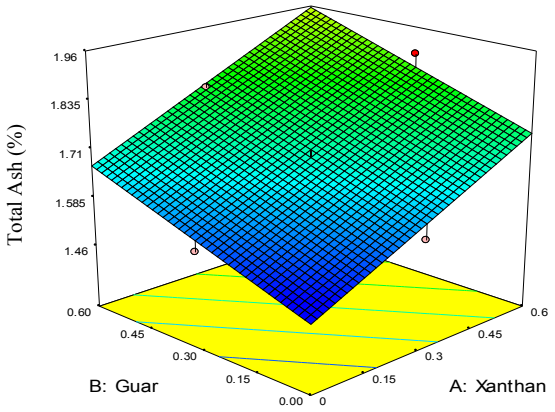

Fig 13 The 3D response surface plots of total ash affected by xanthan (X1, %) and Guar (X2, %)

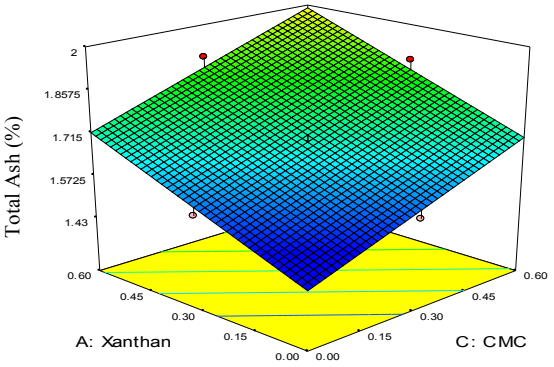

Fig 14 The 3D response surface plots of total ash affected by xanthan (X1, %) and CMC (X3, %)

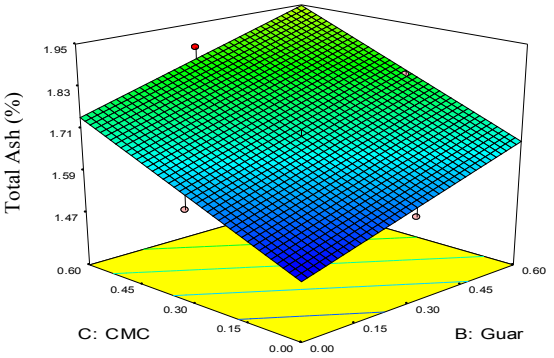

Fig 15 The 3D response surface plots of total ash affected by CMC (X3, %) and Guar (X2, %)

نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از بررسی صابری و همکاران (٢٠١٧) که به بررسی تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن با استفاده از مخلوط آرد نخودچی و آرد برنج، صمغ گوار و صمغ گزانتان پرداختند، مطابقت دارد [٢٢]. از این رو این متغیر وابسته در بهینه‌سازی مورد استفاده قرار نگرفت.

۳-٦- اثر تیمارهای مختلف بر پذیرش کلی

از بین متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر پذیرش کلی نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن بیشترین اثر به ترتیب مربوط به صمغ گزانتان (F=٢٥٩/٠٦)، گوار (F=١٠٢/٦١) و کربوکسی‌متیل-سلولز (F=٥/١٣) در سطح احتمال ٩٥٪ (P<٠/٠٥) بود. نمودار ١٦، ١٧ و ١٨ اثر مستقل و متقابل غلظت صمغ‌های گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز را بر پذیرش کلی نمونه‌های بیسکویت بدون گلوتن نشان می‌دهد.

نتایج بیانگر آن است که نمونه‌های فاقد صمغ تهیه شده از آرد برنج دارای حداقل امتیاز کیفی از نظر داوران چشایی بودند و با افزایش غلظت صمغ‌ها امتیاز حسی نمونه‌ها نیز افزایش یافت؛ همچنین در غلظت‌های برابر صمغ‌ها، اثر صمغ گزانتان بیشتر از صمغ گوار و اثر آن نیز بیشتر از صمغ کربوکسی متیل‌سلولز بود که نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از بررسی کاور و همکاران (٢٠١٥) مطابقت دارد [٢٣].

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

به عبارتی افزودن صمغ‌ها منجر به بهبود بافت، عطر و طعم و رنگ بیسکویت‌ها گردید، که دلیل تفاوت در امتیازهای حسی ممکن است به دلیل تفاوت در واکنش‌های شیمیایی متفاوت ما بین هیدروکلوئیدهای مختلف و سایر ترکیبات ماده‌غذایی باشد.

۳-۷- بهینه‌سازی

در این مطالعه بهینه‌سازی نهایی متغیرهای کمی مورد بررسی شامل غلظت صمغ گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز جهت دستیابی به حالتی که بالاترین خواص کیفی در بیسکویت بدون گلوتن تهیه شده از آرد برنج (شامل کمترین تفاوت از لحاظ رطوبت، بافت، ضریب‌پخش، خاکستر، pH، تغییرات رنگ و پذیرش کلی با نمونه شاهد) حاصل شود؛ با استفاده از نرم‌افزار design expert صورت گرفت. جدول ٤ فاکتورهای آنالیز نمونه‌ی بهینه (دارای ۰/٦ درصد صمغ گزانتان، ۰/٦ درصد صمغ گوار و ۰/۱۳ درصد صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز) و نمونه-ی شاهد (تهیه شده از آرد گندم) را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است نتایج بدست آمده در مورد مدل بهینه از نظر خواص کیفی (پذیرش کلی) نزدیک به نمونه شاهد می‌باشد؛ در حالی‌که از آرد برنج تهیه شده است.

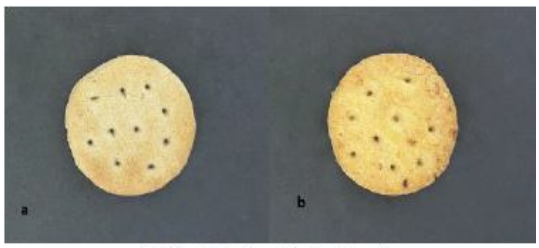

Fig 19 a: Optimal sample b: Control sample

Fig 19 a; Optimal sample b: Control sample

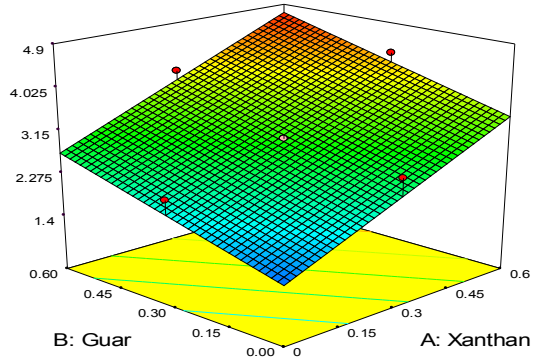

Fig 16 The 3D response surface plots of overall acceptabilityaffected by Xanthan (X1, %) and Guar (X2, %)

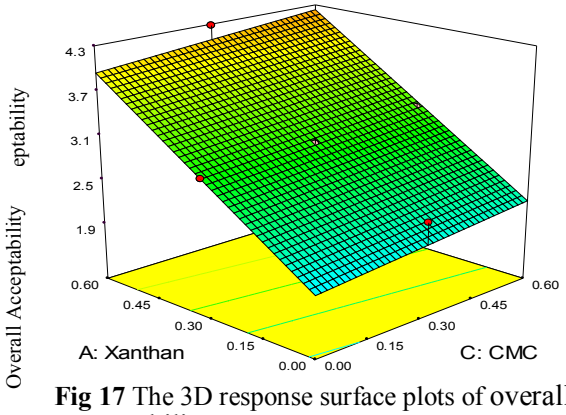

Fig 17 The 3D response surface plots of overall acceptabilityaffected by Xanthan (X1, %) and CMC (X3, %)

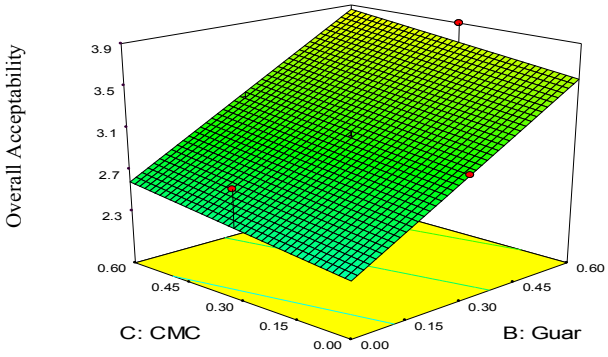

Fig 18 The 3D response surface plots of overall acceptabilityaffected by Guar (X2, %) and CMC (X3, %)

Table 4 Comparison of the control sample and the optimum sample

Results	Moisture content (%)	Fracture Strength (N)	Spread Ratio	ΔE	Overall Acceptability
Optimum Sample	2±380[a]	5±870[a]	3± 840[a]	38± 216	4± 650[a]
blank sample	1±994[b]	8±530[b]	4± 380[b]	-	5± 000[b]

www.SID.ir

Archive of SID

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

Table 5 Modeling of responses by response surface methodology

Response	Formula	R^2	R^2 (adjusted)
Moisture content (%)	$Y= 1.84 + 0.62\ X_1+ 0.5\ X_2+ 0.55\ X_3 + 0.12\ X_1X_2+ 0.12\ X_1X_3+ 0.12\ X_2X_3$	0.9868	0.9802
Fracture Strength (N)	$Y= 8.66-2.91\ X_1–2.36\ X_2-2.60\ X_3+0.57\ X_1X_2+0.49\ X_1X_3+0.57\ X_2X_3$	0.9835	0.9752
Spread Ratio	$Y= 16.71-1.26\ X_1- 0.92\ X_2-1.09\ X_3$	0.9804	0.9706
ΔE	$Y= 26.15 + 14.97\ X_1 + 9.85\ X_2 + 16.21\ X_3 + 3.76\ X_1X_2 + 3.66\ X_1X_3 + 1.98\ X_2X_3 + 2.55\ X_1^2$	0.9966	0.9931
Total Ash (%)	$Y= 1.71 + 0.14\ X_1+ 0.10\ X_2+ 0.13X_3$	0.9296	0.9234
Overall Acceptability	$Y= 3.08 + 1.0\ X_1+ 0.63\ X_2 + 0.14\ X_3$	0.9607	0.9529

X_1: Xanthan, X_2: Guar, X_3: Carboxymethyl Cellulose

٤- نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشانگر آن است که استفاده‌ی ترکیبی از صمغ‌های گزانتان، گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز بر خواص کیفی بیسکویت بدون گلوتن موثر بودند؛ به‌طوریکه استفاده از ۰/٦ درصد صمغ گزانتان، ۰/٦ درصد صمغ گوار و ۰/۱۳ درصد صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز منجر به تولید نمونه‌ای گردید که از لحاظ خواص کیفی و پذیرش کلی شباهت زیادی به بیسکویت تهیه شده از آرد گندم داشت و قابل استفاده برای بیماران سلیاکی بود؛ همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داد با افزایش غلظت صمغ‌های مورد استفاده میزان رطوبت، خاکستر کل، تغییرات رنگ و پذیرش کلی بیسکویت‌های بدون گلوتن افزایش یافته و میزان سفتی و ضریب‌پخش آنها کاهش یافت و موثرترین صمغ در افزایش رطوبت و متعاقباً کاهش سفتی بافت صمغ گزانتان بود که دلیل این امر ساختار مولکولی این صمغ است؛ بطوریکه مقادیر بالای گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار مولکولی گزانتان، موجب می‌گردد تا به راحتی بتواند توسط پیوندهای هیدروژنی با مولکول‌های آب واکنش دهد که در نتیجه باعث افزایش قابل توجه جذب آب نسبت به صمغ‌های دیگر می‌شود. همچنین صمغ کربوکسی‌متیل‌سلولز علاوه بر تاثیر در افزایش رطوبت و بهبود بافت منجر به افزایش تغییرات رنگ بیشتری در نمونه‌های تولیدی می‌شود.

٥- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از مدیریت محترم گروه صنعتی نجاتی (آناتا: واقع در استان آذربایجان شرقی (تبریز)) که در کمال سعه صدر کلیه امکانات لازم را جهت تولید صنعتی و بررسی نمونه‌ها در اختیار این گروه پژوهشی قرار دادند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارند.

٦- منابع

[1] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, M. and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulation. *Journal of Food Engineering,* 79: 1033-1047.

[2] Turabi, E., Sumnu, G. and Shahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cake formulated wih different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids,* 22:305-312.

[3] Foschia, M., horstmann, S., Arendt, E.k. and Zannini, E. 2016. Nutritional therapy-facing the gap between celiac disease and gluten-free food. *International Journal of Food Microbiology,* 239:113-124.

[4] DapcevicHadnadev, T.R., Torbica, A.M. and Hadnadev, M.S. 2013. Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behavior and baking performance of gluten-free cookie dough. *Food and Bioprocess Technology,* 6(7):1770-1781.

[5] Thejasri, V., Hymavathi, T.V. and Roberts, t.P.P. 2017. Sensory, physic-chemical and nutritional properties of gluten free biscuits formulated with quinoa (chenoppodium quinoa willd.), foxtail millet (setaria italic) and hydrocolloids. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,* 6(8):1710-1721.

[6] Gujral, H., Haros, M. and Rosell, M. 2003. Starch Hydrolyzing Enzymes for Retarding the Staling of Rice Bread. *CEREAL CHEMISTRY,* 80(6): 750-754.

[7] Gallagher, e., Gormley, T.R. and Arendt, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products.Trends in Food Science and gluten-free food. *International Journal of Food microbiology,* 239:113-124.

[8] Kohajdova, Z. and Karovicova, J. 2009. Application of hydrocolloids as baking

www.SID.ir

Archive of SID

Using image processing shahi and xanthan gum in effect on the quality of gluten free bread. *Eighth National Congress of agricultural Machinery Engineering (Biosystems) and mechanization of Iran* (in Persian).

[20] ShakeriBoroujeni, R., Shahedi, M., Kadivar, M. and Vatankhah, H. 2013. The effect of gum tragacanth on sensory characteristics and gluten-free bread staling. *Twenty-first national Congress of food science and technology* (in Persian).

[21] JamaliMarbini, V., Khanjani, R., Afshinpajoh, R. and aslani, A. 2013. Xanthan gum used in gluten-free products. *The third national conference on food security* (in Persian).

[22] Saberi, M., Nateghi, L. and eshaghi, M.R. 2017. Production of Gluten-free Sponge cake by using mixture of chickpea flour, rice flour, guar gum and xanthan gum. *Journal of Food Science and Technology,* 71:95-109 (in Persian).

[23] Kaur, M., Sandhu, KS., AmitPal, A. and Sharma, A. 2015. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT – Food Science and Technology*, 62: 628–632.

[24] Benkadri, S., Salvador, A., zidoune, M.N. and Aznz, T. 2018. Gluten-free biscuits based on composite rice–chickpea flour and xanthan gum. Food Science and Technology International, 0(0) 1–10.

[25] Mezaize, S., Chevallier, S., Le Bail, A. and De Lamballerie, M. 2009. Optimization of Gluten□Free Formulations for French□Style Breads. Journal of Food Science, 74 (3)140-146.

[26] Fatemi, H. 2010. Food Chemistry. Enteshar Sahami Co, Tehran (in Persian).

[27] Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M.H., Neyestani, T.R. and Mortazavian, A.M. 2013. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. Journal of industrial and engineering, 1-7.

improvers. *Chemical Papers,* 63(1):26-38.

[9] Movahed, S., Ranjbar, S., Ahmadi Chenarbon, H. 2013. Evaluate the chemical characteristics of staling and sensory glutenfree cakes containing xanthan and carboxymethyl cellulose. *Biosystems Engineering Iran,* 44(2): 178-173 (in Persian).

[10] Jamalimarbini, V., Jokar, M. and Bolandi, M. 2013. Effect of guar gum on rheological properties of rice flour. *2nd national seminar of food science* (in Persian).

[11] Sharma, B., Naresh, N., Dhuldhoya, S. and Merchant, U.C. 2006. Xanthan gum. *Food Promotion Chronicle,* 1(5), 27-30.

[12] Malekzadeh, R. and shakeri, R. 2007. Celiac disease in Iran. Tehran University Medi. *Tehran University Medical Journal,* 64 (2): 1-11 (in Persian).

[13] Majzoobi, M., Mansoori, H., Falsaphi, S.R. and Farahnaki, A. 2015. Influence of date kernel powder on some properties of biscuit dough and hard biscuit. Food Technology and Nutrition, 12 (2): 5-14 (in Persian).

[14] Unknown, Biscuit Specifications and test methods. 2019. INSO 37 . 8th Revision (in Persian).

[15] Unknown, Cereals, pulses and by products - Determination of ash yeild by incineration. 2009. INSO 2706. 1st Revision (in Persian).

[16] Mildner-Szkudlarz, S., Bajerska, J., Zawirska-wojtasiak, R. and Gorecka, D. 2012. White grape pomace as a source of dietary fibre and polyphenols and its effect on physical and nutraceutical characteristics of wheat biscuits. *Journal of the science of food and agricultural,* 93 (2): 389-395.

[17] Yam, K.L. and papadakis, S.E. 2004. A simple digital imagine method for measuring and analyzing color of food surface. *Journal of Food Engineering,* 61: 137-142.

[18] Ebrahimpour, N., Peighambardoust, S.H., Azadmard-Damirchi, S. and Ghanbarzadeh, B. 2010. Effects of incorporating different hydrocolloids on sensory characteristics and staling of gluten free bread. *Journal of Food Research,* 3(20): 99-115 (in Persian).

[19] NajiTabassi, S. and mohebi, M. 2013.

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

www.SID.ir

Archive of SID

Optimization of the Effect of Different Concentrations of Xanthan, Guar and Carboxymethylmellulose Gum on Physicochemical, Rheological and Organoleptic Properties of Gluten-Free Biscuit Based on Rice Flour

Mousavi Kalajahi, S. E. [1*], Babaie Sadr, A. [2]

1. Ph.D Student, Research Center, Nejati Industrial Group, Tabriz , Iran
2. Master of Applied Chemistry, Research Center, Nejati Industrial Group, Tabriz, Iran

(Received: 2019/09/26 Accepted:2019/12/18)

Celiac disease is an autoimmune gastrointestinal disorder that occurs in sensitive individuals upon the consumption of gluten. It is one of the most common genetic abnormalities in the world, which is triggered during the process of digestion of gluten protein and the only way to treat it is to go on a gluten-free diet. The purpose of this research was to apply methods of Response Surface Methodology (RSM) and Central Composite Design (CCD), and to study the effect of independent variables including various concentrations of xanthan gum, guar and carboxymethyl cellulose gum (0, 0.3, and 0.6%) on physicochemical, rheological and organoleptic properties of gluten-free biscuits based on rice flour. The equations achieved through the examinations revealed that independent variables had significant effect ($P < 0.05$) on the parameters. Among the studied parameters, the effect of xanthan gum concentration was found as the most efficient variable. The results also showed that increasing the concentration of the gum would increase the moisture content, total ash, color changes, and overall acceptability of gluten-free biscuits, while decreasing their hardness and Spread Ratio. In general, the optimization of the researched variables showed that using 0.6% xanthan gum, 0.3% guar gum and 0.13% carboxymethyl cellulose gum would result in production of desirable sample products that would be similar in qualitative characteristics and overall acceptability to the wheat flour biscuits, and could be used for celiac patients' diet programs.

Keywords: Carboxymethyl Cellulose, Celiac, Gluten Free, Guar, Optimization, Xanthan

[*] Corresponding Author E-Mail Address: Research@nejati.com

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 10:01 IRST on Sunday February 16th 2020

www.SID.ir