

استفاده از روش رویه پاسخ در بررسی تاثیر اجزا ژل بهبوددهنده بر چسبندگی خمیر نان بربری

امیر پورفرزاد^{۱*}، محمد حسین حداد خداپرست^۲، مهدی کریمی^۳ و سید علی مرتضوی^۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۲

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد،

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

*مسئول مکاتبه: E mail: amir.pourfarzad@gmail.com

چکیده

در این پژوهش از روش رویه پاسخ به منظور مطالعه تاثیر اجزاء ژل بهبوددهنده بر چسبندگی خمیر نان بربری و بهینه سازی فرمول ژل استفاده گردید. نمونه های ژل با افزودن سدیم استئاروئیل لاکتيلات، داتم و پروپیلن گلیکول در دامنه ۰ تا ۰/۵ g بر ۱۰۰g تولید گردید. نتایج نشان داد که افزودن هر سه جزء به فرمول ژل موجب کاهش نیروی چسبندگی گردید. هر چند در اثر افزودن هر سه جزء، فاصله چسبندگی افزایش یافت اما مجذور سدیم استئاروئیل لاکتيلات و برهم کنش داتم و پروپیلن گلیکول به طور معنی داری آن را کاهش دادند. سطح چسبندگی نیز فقط تحت تاثیر مجذور سدیم استئاروئیل لاکتيلات قرار گرفت و سایر اجزاء فاقد تاثیر معنی دار بر این شاخص بودند. مدل های ارائه شده در این پژوهش از ضریب همبستگی بالا و بسیار معنی داری برخوردار بودند که می توان از آنها در پیش بینی خواص مورد بررسی، استفاده کرد. نتایج بهینه سازی با طرح مرکب مرکزی نشان داد که کمترین چسبندگی زمانی حاصل می گردد که فرمول ژل شامل ۰/۵ g/۱۰۰g سدیم استئاروئیل لاکتيلات، ۰/۵ g/۱۰۰g داتم و ۰/۵ g/۱۰۰g پروپیلن گلیکول باشد.

واژه های کلیدی: امولسیفایر، بافت سنجی، پلی ال، طرح آماری مرکب مرکزی

Use of response surface methodology for investigation the effect of gel improver components on the stickiness of Barbari bread dough

A Pourfarzad¹, M H Haddad Khodaparast¹, M Karimi³ and S A Mortazavi²

Received: 9 April 2011 Accepted: 3 September 2011

¹PhD Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

²Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

³Assistant Professor, Khorasan Agricultural and Natural Resources Research center, Iran

*Corresponding author: E mail: amir.pourfarzad@gmail.com

Abstract

In this research, response surface methodology was used to investigate the influence of Barbari bread improver gel components on the dough stickiness and optimization of gel formulation. Gel samples were prepared using sodium stearyl-2-lactylate (SSL), diacetyl tartaric acid esters of monoglyceride (DATEM) and propylene glycol (PG) in the range of 0-0.5 g/100g. Results showed that addition of all three components to the gel formula caused decrement in the stickiness force. Although stickiness distance increased by addition of the components, but it was significantly decreased by SSL square and interaction of DATEM and PG. Stickiness area just affected by SSL square and other parameters did not have any significant effect on it. The represented models have high determination coefficients and could be used for prediction of all investigated characteristics. The results for optimization using central composite design suggested that a mixture containing 0.5 g/100g of SSL, 0.5 g/100g of DATEM and 0.5 g/100g of PG could be a good improver gel to achieve the minimum stickiness.

Keywords: Central composite design, Emulsifier, Polyol, Texture analysis

مقدمه

افزایش ماندگاری نان می شوند. کارایی امولسیفایرها به عوامل مختلفی از قبیل ساختار شیمیایی و آب گریزی وابسته است. یکی دیگر از فاکتورهای مهم، حالت فیزیکی امولسیفایرها است. امولسیفایرها به فرم آلفا ژل، از طریق حفظ حباب های هوا در حین مخلوط کردن، تاثیر زیادی در ایجاد خمیری یکنواخت دارند (هوارد ۱۹۷۲ و سیلوا ۲۰۰۰). زمانی که امولسیفایر با ساختار کریستالی بتا در آب حرارت داده شود، یک فاز لایه ای تشکیل می شود. این فاز متشکل از لیپیدهای دولایه نرمی است که مولکول های آب بین گروه های سر قطبی، جدا شده اند. در طی سرد کردن، زنجیره های لیپیدی به فرم سخت آرایش پیدا کرده و فاز لایه ای به یک آلفا ژل تبدیل می شود. لایه آب در آلفا ژل توانایی لیپیدها در حرکت نسبت به همدیگر را بهبود می بخشد. بنابراین، این لایه های انعطاف پذیر

در صنعت نان، بهینه سازی خصوصیات خمیر و بهبود کیفیت و ماندگاری محصول نهایی در اولویت قرار دارد. بنابراین، در علم غلات برای بهبود خصوصیات خمیر، درک پدیده بیاتی و تاخیر آن در جهت افزایش کیفیت نان، رقابت بزرگی وجود دارد. برای رسیدن به این هدف، باید از افزودنی های غذایی کاربردی و مواد کمک فرایند که باعث بهبود کیفیت نان می شوند، استفاده کرد (روسل و همکاران ۲۰۰۱). سورفاکتانتها یکی از پرمصرف ترین افزودنی های عملکردی هستند که به منظور بهبود خواص خمیر و کیفیت نان استفاده می گردند که موجب استحکام بیشتر خمیر، بهبود سرعت جذب آب، افزایش مقاومت به مخلوط کردن، بهبود استحکام مغز، کاهش مقدار شورتینگ مورد نیاز، افزایش حجم مخصوص و

نیرو و سرعت اعمال شده در حین چانه گیری را به راحتی نمی توان کنترل کرد. بعلاوه خواص سطح دست و در نتیجه چسبندگی خمیر به آن، از هر فرد تا فرد دیگر متفاوت است. ارزیابی چسبندگی به روش دستگاهی نخستین بار توسط فریدمن و همکاران (۱۹۶۳) با استفاده از یک بافت سنج انجام شد. یک پروب سیلندری با یک مسیر دایره ای به عنوان کنترل کننده سرعت نمونه و سپس کشش استفاده گردید. سیستم ثبت دستگاه، نمودار نیرو - زمان یا نیرو - فاصله را در طی حرکت پروب می دهد. سطح منفی زیر منحنی به عنوان چسبندگی تلقی شده که مرتبط با کشش پروب است. این روش توسط نوگوچی و همکاران (۱۹۷۶) نیز مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۹۰، دالیوال و همکاران روشی را ابداع کردند که بر اساس آن مقدار نیروی کشش ایجاد شده بعد از فشردن سطح خمیر توسط یک پروب آلومینیومی اندازه گیری می شد. این روش دو محدودیت داشت. نخست آنکه نمونه خمیر توسط دست بر روی سطح فلزی قرار داده می شد بنابراین سطح و خواص رئولوژیکی نمونه ممکن بود تغییر کند و در نتیجه چسبندگی نیز کنترل شده نبود. دوم اینکه پروب به صورت دستی از سطح جدا می شد. بنابراین سرعت جدا شدن نامشخص و غیر یکنواخت بوده و ممکن است از یک تست تا تست دیگر و از یک فرد تا فرد دیگر متفاوت باشد. همانطور که بیان شد، چسبندگی از طریق آزمون هایی بدست می آید که پروب به سطح و داخل خمیر نفوذ می کند که تا حد زیادی تحت تاثیر قدرت خمیر و الاستیسیته قرار می گیرد. چسبندگی یک خصوصیت سطحی است اما چسبندگی در روش های دو مرحله ای ترکیبی از چسبندگی سطحی، پیوستگی و سفتی (ویسکوزیته یا سیالیت) است بنابراین باید چسبندگی ظاهری^۲ نامیده شود. در خمیرهای با چسبندگی سطحی یکسان اما پیوستگی متفاوت، چسبندگی ظاهری برای خمیر با

می توانند به آسانی سطح حباب ها را پوشش داده و یک فیلم پایدار کننده ایجاد کنند. در فرآیند پخت، در اثر گرما، حباب های هوا منبسط شده و حجم آنها افزایش می یابد. همچنین به علت ایجاد کانالهای مشترک بین آنها، حباب ها به یکدیگر چسبیده و بزرگتر می شوند. امولسیفایرها باعث سهولت در احتباس هوا شده و روغن یا شورتینگ را بصورت ذرات ریز در فاز آبی پراکنده می نمایند و همچنین پایداری حباب ها را افزایش داده و از به هم چسبیدن آنها ممانعت می کنند (کروگ و اسپارسو ۲۰۰۴). گروه دیگری از مواد افزودنی که به طور گسترده ای در صنایع غذایی و به خصوص در صنعت نانوائی مورد استفاده قرار می گیرند، پلی ال ها یا هموکتانت ها هستند. پلی ال ها از طریق هیدروژناسیون کاتالیتیک قندهای مختلف حاصل می شوند. پلی ال ها فعالیت آبی را کاهش داده و احساس دهانی را بهبود می بخشند (لومبارد و همکاران ۲۰۰۰ و گلیمو و همکاران ۲۰۰۶).

چسبندگی خمیر اهمیت زیادی در صنایع پخت دارد. در برخی موارد از قبیل تثبیت برخی افزودنی ها (میوه های خشک، دانه غلات، شکلات و غیره) در محصولات نانوائی (نان های شیرین، نان های ساندویچی، شیرینی ها و غیره) می تواند مطلوب باشد. اما در اغلب موارد، باید آن را به حداقل رساند زیرا چسبیدن به سطوح تجهیزات ممکن است تاثیرات نامطلوبی از قبیل ایجاد فاصله در تولید، ضایعات تولید و آلودگی تجهیزات داشته باشد. همبستگی چسبندگی با سفتی و پیوستگی از محدودیت های اندازه گیری این پارامتر است. محققان روش های مختلف حسی و دستگاهی را برای اندازه گیری چسبندگی به کار برده اند. پنا و همکاران (۱۹۹۰) چسبندگی را از طریق تعداد دفعاتی ارزیابی کردند که خمیر چانه گیری شده با دست، می تواند بدون آنکه به دست بچسبد فشار داده شود. این ارزیابی تا حد زیادی تحت تاثیر احساس و ادراک فرد آزمایشگر بود و نیز مشخص است که چانه گیری و فشار توسط دست، خطای زیادی داشت زیرا

1 - Texture Profile Analysis

2 - Apparent adhesiveness

خشک فعال بصورت بسته بندی وکیوم از شرکت خمیر مایه رضوی (مشهد، ایران) تهیه شد.

۲-۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۲-۱- خصوصیات کیفی آرد گندم

خواص فیزیکی شیمیایی آرد ستاره، بر اساس روش‌های استاندارد (AACC، ۲۰۰۰) و در سه تکرار اندازه گیری شدند. جذب آب نیز توسط دستگاه فارینوگراف برابندر^۴ انجام پذیرفت.

۲-۲-۲-۲- آماده سازی ژل‌های بهبوددهنده

ژل‌ها با استفاده از امولسیفایر، آب و پلی ال به نسبت‌های وزنی ۱:۴:۱ آماده شدند. سپس با یک همزن مغناطیسی ۵ با سرعت ۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط و تا دمای ۶۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شدند. سپس نمونه‌ها در یخچال تا دمای ۴ درجه سانتیگراد سرد و بدین ترتیب ژل‌ها تشکیل شدند.

۲-۲-۲-۳- تولید خمیر

نان مورد بررسی در این تحقیق نان بربری و مراحل تولید خمیر آن بدین صورت بود: مخلوط نان با ۱۰۰٪ آرد گندم، ۱٪ مخمر خشک، ۲٪ نمک، ۱٪ شکر، ۱٪ شورتنینگ و ۶۰٪ آب (مقدار لازم برای رسیدن به ۴۰۰ واحد برابندر) تهیه گردید (ملکی و همکاران ۱۹۸۱). ژل امولسیفایر که بر اساس وزن آرد و مطابق تیمارهای آزمایش تولید شده بود، قبل از اضافه کردن آب، با کلیه اجزا مخلوط گردید. پس از مخلوط کردن اجزا در مخلوط‌کن ۶ به مدت ۱۵ دقیقه و با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه، خمیر مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۲-۲-۴- تعیین چسبندگی^۷ خمیر

برای انجام این آزمون از روش چن و حسنی (۱۹۹۵) و دستگاه بافت سنج^۸ استفاده گردید. این روش، تداخل با پیوستگی و سفتی را به حداقل می‌رساند.

پیوستگی کمتر، بیشتر خواهد بود. به طور مشابه، وقتی سفتی افزایش یابد چسبندگی ظاهری نیز افزایش خواهد یافت (آرمرو و کولار ۱۹۹۷). بنابراین به منظور کنترل مناسب مراحل فشار و کشش، لازم است روش‌هایی را توسعه داد که از سل‌ها و ماشین‌های مکانیکی طراحی شده خاص استفاده کرد.

محققان، تاثیر امولسیفایرها و پلی ال‌ها را به روش‌های گوناگونی بر چسبندگی خمیر مورد بررسی قرار داده‌اند. آرمرو و کولار (۱۹۹۷) تاثیر امولسیفایرها بر خواص بافتی خمیر نان از جمله چسبندگی را با استفاده از روش بافت سنجی مورد ارزیابی قرار دادند. لای (۲۰۰۲) نیز تاثیر امولسیفایرها بر چسبندگی ماکارونی را با استفاده از بافت سنج بررسی کردند. از طرفی، سوهاندرو و همکاران (۱۹۹۵) چسبندگی را به روش دستی بررسی کردند. در این راستا، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر اجزای ژل بهبوددهنده بر چسبندگی خمیر نان بربری طراحی گردید و با توجه به اهمیت روش انتخاب شده در اندازه گیری این پارامتر، سعی گردید یکی از روش‌های مناسب اندازه گیری چسبندگی انتخاب گردد. در پایان با استفاده از نتایج بدست آمده، بهینه درصد امولسیفایرهای سدیم استتاروئیل لاکتیلات، داتم و پلی ال پروپیلن گلیکول برای تولید ژلی مناسب به منظور بهبود خصوصیات خمیر نان بربری، مشخص گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد ستاره از کارخانه آرد گلکان (خراسان، ایران) تهیه شد. امولسیفایرهای سدیم استتاروئیل لاکتیلات (SSL) و داتم از شرکت ویستا تجارت پایا (تهران، ایران) تهیه گردید. پلی ال مورد استفاده، پروپیلن گلیکول (PG) بود که از شرکت شیمیایی قائم (تهران، ایران) تهیه شد. مخمر مورد استفاده ساکارومایسس سرویسیا^۳ بود که به شکل پودر مخمر

4- Brabender
5 - Vorwerk & Co., Wuppertal, Germany
6 - Electronic Stand Mixer, Hügel, Neuss, Germany
7 - Stickiness
8 - QTS texture analyzer, CNS Farnell, Hertfordshire, UK.

هر یک از متغیرهای وابسته در مدل رگرسیون با متغیرهای مستقل، نمودار سطوح^{۱۵} آنها به وسیله این نرم افزار ترسیم شدند. به منظور ارزیابی صحت مدل های برازش داده شده، آزمون ضعف برازش^{۱۶}، ضریب تغییرات^{۱۷}، مقادیر R^2 ، R^2 (adj)، مدل و P ضرایب تعیین شدند.

تایید کارایی بهترین فرمول ارائه شده توسط مدل نیز از طریق مقایسه نتایج حاصل از تولید آن با نتایج پیشگویی شده توسط مدل مورد بررسی قرار گرفت.

بخشی از ماده ای که مورد ارزیابی قرار می گیرد از داخل یک صفحه سوراخ دار به بیرون اکستروود می شود. سپس یک پروب با بخش اکستروود شده تماس برقرار کرده و به سرعت نمونه را به سمت عقب می کشد. بدین منظور از کاپ مخصوص این آزمون، روش یک مرحله ای و سل اعمال نیروی ۲۵ کیلوگرمی استفاده شد. نمونه ای ۳۰ گرمی از خمیر بریده و در کاپ مخصوص قرار داده شد. با خروج ۵ میلی متر خمیر از روزنه های کاپ، آزمون با استفاده از پروب ۲۵ میلی متری که با سرعت ۱۰ میلی متر در دقیقه از نقطه شروع ۵ گرم به سمت نقطه هدف ۱۰۰ گرم حرکت می کرد انجام شد. پارامترهایی که از آنالیز نمودار این آزمون بدست می آید شامل نیرو^{۱۰}، سطح^{۱۱} (شاخص کار چسبندگی) و فاصله^{۱۱} (شاخص پیوستگی یا قدرت خمیر) می باشد که در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری و بهینه سازی

در این پژوهش به منظور بهینه سازی فرآیند تولید ژل بهبوددهنده از طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر^{۱۲} برای سه جزء ژل شامل سدیم استتاروئیل لاکتیلات، داتم و پروپیلن گلیکول با حدود مشخص بالا و پائین استفاده شد.

سطوح متغیرهای مستقل و کدهای مربوطه در جدول ۱ و تیمارهای آزمایش در جدول ۲ ذکر شده اند. برای طراحی آزمایش، آنالیز نتایج و بهینه سازی از نرم افزار دیزاین اکسپرت^{۱۳} (نسخه ۶) استفاده شد. بدین منظور معادلات ریاضی درجه دوم کامل با استفاده از آنالیز رگرسیون گام به گام پس رونده^{۱۴} بر روی متغیرهای وابسته برازش شدند. برای نشان دادن رابطه

15 - Surface Plot

16 - Lack of fit

17 - Coefficient of Variation (CV)

18 - R square

19 - R square (adj)

20 - P Value

9 - Force or Peak

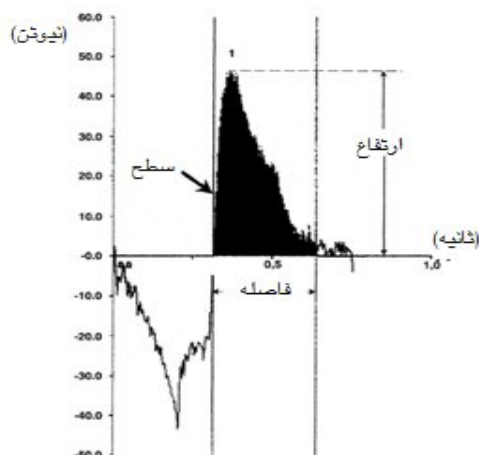
10 - Area

11 - Distance

12 - Central composite rotatable design (CCRD)

13 - Design-Expert (Version 6)

14 - Backward multiple stepwise regression



شکل ۱- پارامترهای چسبندگی در بافت سنجی خمیر.

جدول ۱- سطوح متغیرهای مستقل و کدهای مربوطه.

متغیر مستقل (g/۱۰۰g)	نماد ریاضی	کد و سطح مربوطه
سدیم استئاروئیل لاکتیلات	SSL	۰/۶۳ ۰/۳۱ ۰/۵۰
داتم	DATEM	۰/۶۳ ۰/۳۱ ۰/۵۰
پروپیلن گلیکول	PG	۰/۶۳ ۰/۳۱ ۰/۵۰

جدول ۲- تیمارهای تصادفی آزمایش بر اساس متغیرهای فرمول^a ژل در طرح مرکب مرکزی.

تیمار	PG (g/۱۰۰g)	DATEM (g/۱۰۰g)	SSL (g/۱۰۰g)
۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
۲	۰/۳۱	۰/۳۱	۰
۳	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۱۳
۴	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
۵	۰/۳۱	۰/۶۳	۰/۳۱
۶	۰/۱۳	۰/۵۰	۰/۵۰
۷	۰/۶۳	۰/۳۱	۰/۳۱
۸	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
۹	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
۱۰	۰/۱۳	۰/۵۰	۰/۱۳
۱۱	۰/۵۰	۰/۱۳	۰/۵۰
۱۲	۰/۳۱	۰	۰/۳۱
۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۵۰
۱۴	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
۱۵	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
۱۶	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۶۳
۱۷	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳
۱۸	۰	۰/۳۱	۰/۳۱
۱۹	۰/۵۰	۰/۱۳	۰/۱۳
۲۰	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۵۰

^a سدیم استئاروئیل لاکتیلات (SSL)، دی استیل تارتاریک استرهاى مونو و دی گلیسرید (DATEM)، پروپیلن گلیکول (PG).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات کیفی آردها

مشخصات آرد گندم مورد استفاده به شرح جدول ۳ می باشد. خصوصیات آرد گندم در محدوده آردهای متوسط تا قوی بود که برای نان های مسطح ایرانی مناسب می باشد.

جدول ۳- خصوصیات کیفی آرد گندم مورد استفاده در

آزمون	
مقدار (بر اساس وزن مرطوب)	خصوصیات کیفی
۱۰/۵۲±۰/۳۶	رطوبت (گرم در صد گرم)
۱۰/۸±۰/۲۴	پروتئین (گرم در صد گرم)
۰/۷۹±۰/۰۰۶	خاکستر (گرم در صد گرم)
۱/۷۶±۰/۰۵	چربی (گرم در صد گرم)
۲۶/۷±۰/۵۵	گلوتن مرطوب (گرم در صد گرم)
۸۲±۱/۵	درجه استخراج (گرم در صد گرم)
۴۰۷±۳	عدد فالینگ (ثانیه)

۳-۲- آزمون چسبندگی

در جدول ۴، آنالیز واریانس خصوصیات چسبندگی خمیر ملاحظه می گردد. جدول ۵ نیز معادلات مناسب برای پیشگویی این خصوصیات را نشان می دهد. روند تغییر خصوصیات چسبندگی خمیر با توجه به اجزاء فرمول و به صورت نمودار رویه پاسخ در شکل های ۲ و ۳ مشاهده می شود.

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن سدیم استئاروئیل لاکتیلات، داتم و پروپیلن گلیکول موجب کاهش معنی دار ($p \leq 0/001$) نیروی چسبندگی شده است. همانطور که دالیوال و همکاران (۱۹۹۰) بیان کردند یکی از دلایل چسبندگی می تواند افزایش جذب آب باشد بنابراین اجزای ژل بهبوددهنده، احتمالاً به علت کاهش جذب آب، نیروی چسبندگی را کاهش می دهند (شکل ۴).

بررسی تغییرات این شاخص نشان می دهد که معادله حاصل از R^2 (Adj) و R^2 متناسب، بالا و بسیار معنی داری ($p \leq 0/001$) برای پیشگویی آن برخوردار است. آزمون ضعف برآزش آن بی معنی ($p \leq 0/05$) و

ضریب تغییرات آن نیز پائین می باشد که نشان دهنده مناسب بودن مدل ارائه شده است. بررسی جدول آنالیز واریانس نشان می دهد که اجزاء ژل به صورت معادله درجه اول ($p \leq 0/001$) و درجه دوم ($p \leq 0/05$) بر نیروی چسبندگی موثر هستند و سدیم استئاروئیل لاکتیلات بیشترین اثر را دارد.

بررسی تغییرات فاصله چسبندگی نشان می دهد که افزودن سدیم استئاروئیل لاکتیلات، داتم و پروپیلن گلیکول موجب افزایش معنی دار آن شده است در حالی که، مجذور سدیم استئاروئیل لاکتیلات و برهم کنش داتم و پروپیلن گلیکول به طور معنی داری ($p \leq 0/05$) آن را کاهش می دهند. افزایش فاصله توسط اجزا ژل احتمالاً به علت افزایش سیالیت توسط آنها مربوط می باشد (آرمرو و کولار ۱۹۹۷). بررسی تغییرات این شاخص نشان می دهد که معادله حاصل از R^2 (adj) و R^2 متناسب، بالا و بسیار معنی داری ($p \leq 0/001$) برای پیشگویی برخوردار است. آزمون ضعف برآزش آن بی معنی ($p \leq 0/05$) و ضریب تغییرات آن نیز پائین می باشد که تأیید کننده قدرت مدل ارائه شده است. بررسی جدول آنالیز واریانس نشان می دهد که اجزاء ژل به صورت معادله درجه اول ($p \leq 0/001$) و درجه دوم ($p \leq 0/001$) بر این شاخص موثر هستند و سدیم استئاروئیل لاکتیلات بیشترین اثر افزایشی و مجذور آن بیشترین اثر کاهش می دهد.

همچنین، بررسی تغییرات سطح چسبندگی نشان می دهد که معادله حاصل از R^2 (adj) و R^2 متوسط و بسیار معنی داری ($p \leq 0/001$) برای پیشگویی برخوردار است. آزمون ضعف برآزش آن بی معنی ($p \leq 0/05$) و ضریب تغییرات آن نیز پائین می باشد که تأیید کننده قدرت مدل ارائه شده است. بررسی جدول آنالیز واریانس نشان می دهد که اجزاء ژل به صورت معادله درجه دوم ($p \leq 0/001$) بر این شاخص موثر هستند که مجذور سدیم استئاروئیل لاکتیلات به طور معنی داری ($p \leq 0/001$) سطح چسبندگی را کاهش می دهد و سایر اجزاء فاقد تاثیر معنی دار بر این شاخص هستند. آرمرو و کولار

افزودن سدیم استئاروئیل لاکتیلات، داتم و پروپیلن گلیکول موجب کاهش معنی دار نیروی چسبندگی شده است. همچنین افزودن هر سه جزء موجب افزایش معنی دار فاصله چسبندگی شده است در حالی که، مجذور سدیم استئاروئیل لاکتیلات و برهم کنش داتم و پروپیلن گلیکول به طور معنی داری آن را کاهش داده اند. از طرفی فقط مجذور سدیم استئاروئیل لاکتیلات سطح چسبندگی را کاهش داده است و سایر اجزاء فاقد تاثیر معنی دار بر این شاخص بودند.

مدل‌های پیشنهادی در این پژوهش از R^2 (adj) و R^2 متناسب، بالا و معنی داری برخوردار بودند. همچنین آزمون ضعف برازش آنها بی معنی و ضریب تغییرات آنها نیز پائین می باشد که نشان دهنده کارایی مدل‌های ارائه شده در پیش بینی پارامترهای مورد ارزیابی است. با استفاده از این مدل‌ها از سویی می توان با توجه به هدف و کاربرد ژل، ترکیبات آن را فرموله و تنظیم نمود و از طرفی می توان با توجه به ترکیب اجزاء ژل تولید شده، خصوصیات مورد نظر را پیش بینی و اصلاح نمود.

همچنین نتایج نشان داد که ژل بهبوددهنده حاصل از اختلاط $0.5 \text{ g}/100 \text{ g}$ سدیم استئاروئیل لاکتیلات، $0.5 \text{ g}/100 \text{ g}$ داتم و $0.5 \text{ g}/100 \text{ g}$ پروپیلن گلیکول کمترین چسبندگی خمیر نان بربری را ارائه می دهد.

(۱۹۹۷) نیز بیان نمودند که امولسیفایرها تاثیر خاصی بر این فاکتور ندارند.

۳-۳- بهینه سازی

به منظور بهینه سازی فرمولاسیون و فرآیند تولید ژل بهبوددهنده برای چسبندگی خمیر نان بربری، حد بالا، پائین و مطلوب هر یک از صفات و وزن و اهمیت آنها تعیین شد. نتایج نشان داد که از اختلاط $0.5 \text{ g}/100 \text{ g}$ سدیم استئاروئیل لاکتیلات، $0.5 \text{ g}/100 \text{ g}$ داتم و $0.5 \text{ g}/100 \text{ g}$ پروپیلن گلیکول بهترین حالت حاصل می شود. در این شرایط مقدار نیرو، $1/0.1$ نیوتن؛ فاصله، $3/0.6$ میلیمتر و میزان سطح، $4/26$ نیوتن میلیمتر؛ خواهد بود. به منظور بررسی صحت ترکیب ژل بهینه سازی شده، تیمار پیشنهادی با شرایط یکسان همانند بقیه تیمارها تولید و نتایج حاصل از ارزیابی چسبندگی با نتایج پیشگویی شده توسط مدل مقایسه گردید. عدم وجود تفاوت معنی دار ($p \leq 0.05$) بین مدل‌ها و مشاهدات تجربی، کارایی مدل‌ها را به خوبی اثبات می کند (جدول ۶) که در تولید صنعتی می توان از آنها استفاده کرد.

نتیجه گیری

آنالیز رویه پاسخ مربوط به طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر با سه متغیر مستقل شامل سدیم استئاروئیل لاکتیلات، داتم و پروپیلن گلیکول به عنوان اجزاء ژل بهبوددهنده، پاسخ‌ها شامل پارامترهای چسبندگی خمیر نان بربری و به منظور بهینه سازی خصوصیات مذکور به انجام رسید. نتایج به دست آمده حاکی از آن بودند که روش رویه پاسخ را می توان به خوبی در بهینه سازی این خصوصیات به کار برد.

جدول ۴- آنالیز واریانس خصوصیات چسبندگی خمیر.

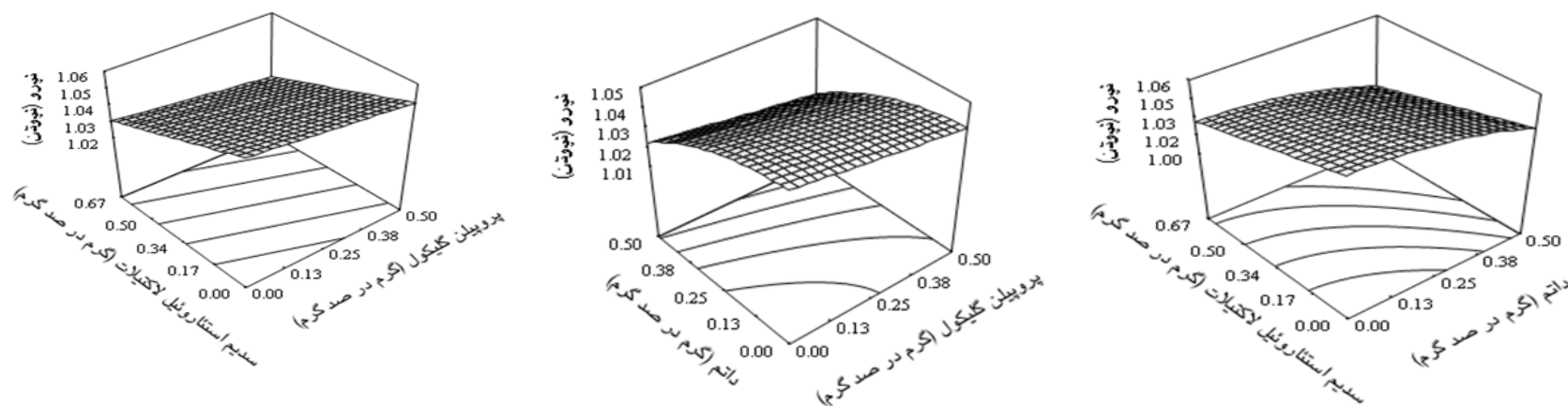
منبع	درجه آزادی	نیرو		فاصله		سطح	
		مجموع مربعات	احتمال F	مجموع مربعات	احتمال F	مجموع مربعات	احتمال F
میانگین	۱	۲۱/۵۴		۱۵۷/۴۷		۳۵۰/۵۷	
خطی	۳	.	<0.001	۰/۵۶	0.0002	۰/۲۴	۰/۳۹۱۷
بر هم کنش	۳	.	۰/۸۶۲۹	۰/۱۰	۰/۰۹۳۳	۰/۰۶	۰/۸۸۸۷
درجه دوم	۳	.	۰/۰۱۲۷	۰/۱۱	۰/۰۰۸۴	۰/۷۸	۰/۰۰۸۳
درجه سه	۵	.	۰/۲۵۴۹	۰/۰۴	۰/۱۷۴۹	۰/۲۵	۰/۲۲۷۴
خطای باقیمانده	۵	.		۰/۰۲		۰/۱۲	
کل	۲۰	۲۱/۵۵		۱۵۸/۲۹		۳۵۲/۰۱	

جدول ۵- مدل های پیشگو برای خصوصیات چسبندگی خمیر^a.

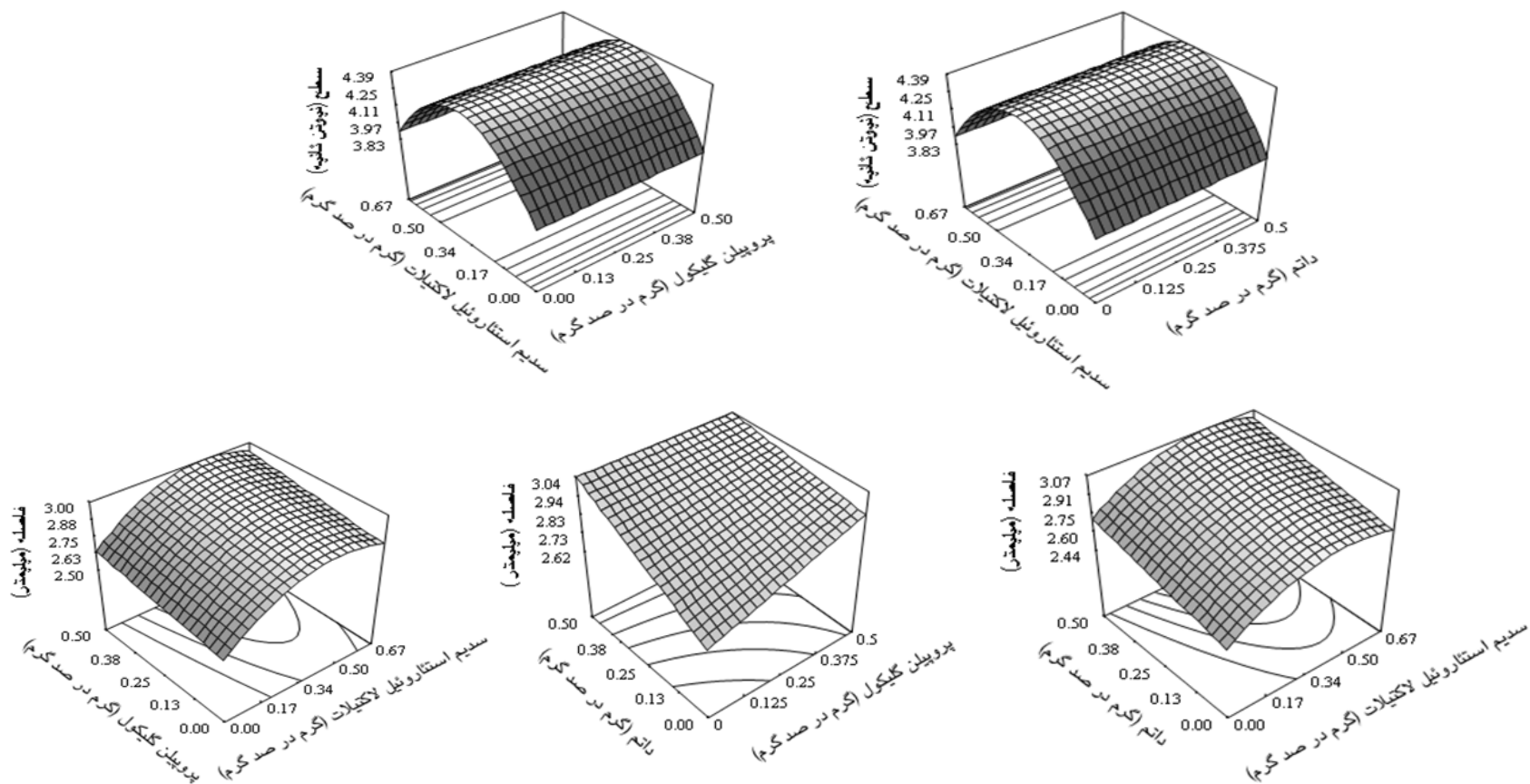
ضریب پراکنندگی	احتمال ضعف برآزش	R ² (adj)	R ²	مدل پیشگو ^b										
				DP	SP	SD	P ²	D ²	S ²	P	D	S	مدل	
۰/۴	۰/۳۴۶۷	۰/۹۳۳۲	۰/۹۴۷۳	ns	ns	ns	ns	-۰/۰۹**	ns	-۰/۰۲**	-۰/۰۰۵**	-۰/۰۵**	۱/۰۷**	نیرو =
۳/۴۵	۰/۰۶۷۶	۰/۷۸۴۲	۰/۸۴۱۰	-۱/۱۸	ns	ns	ns	ns	-۱/۶۱	۰/۵۸	۰/۸۳*	۱/۵۲*	۲/۲۹*	فاصله =
۳/۸۰	۰/۵۱۹۴	۰/۶۶۶۶	۰/۷۰۱۷	ns	ns	ns	ns	ns	-۴/۶۸**	ns	ns	ns	۳/۸۳**	سطح =

^a سدیم استئاروئیل لاکتیلات (S)، دی استیل تارتاریک استرهای مونو و دی گلیسرید (D) و پروپیلن گلیکول (P).

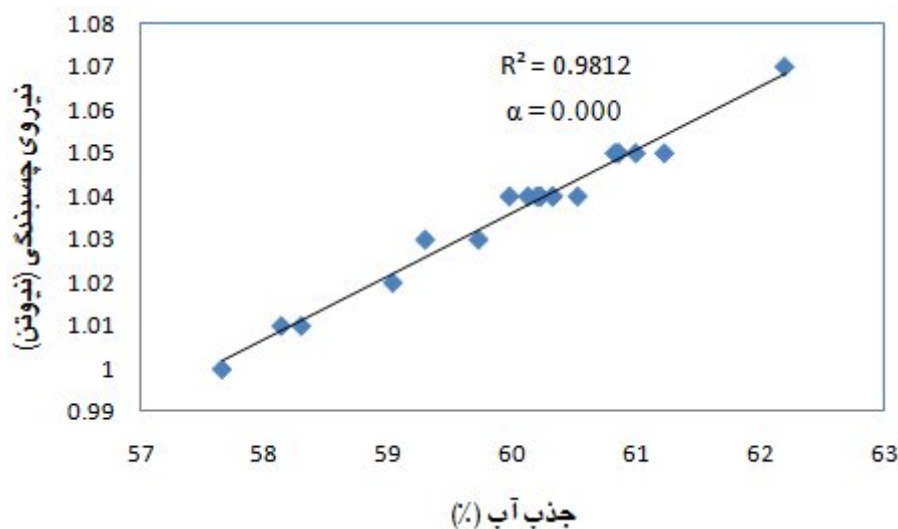
^b بدون ستاره (p ≤ ۰/۰۵)، یک ستاره (p ≤ ۰/۰۱)، دو ستاره (p ≤ ۰/۰۰۱)، ns در سطح ۹۵ درصد معنی دار نمی باشد.



شکل ۲- نمودارهای رویه پاسخ تاثیر اجزا ژل بهبوددهنده بر نیرو در آزمون چسبندگی خمیر.



شکل ۳- نمودارهای رویه پاسخ تاثیر اجزا ژل بهبوددهنده بر سطح و فاصله در آزمون چسبندگی خمیر



شکل ۴- همبستگی بین جذب آب آرد و نیروی چسبندگی.

جدول ۶- مقایسه بین مقادیر پیش بینی شده توسط مدل‌ها و مقادیر واقعی.

پارامتر	مقدار پیش بینی شده	مقدار واقعی	احتمال در آزمون t
نیرو (نیوتن)	۱/۰۲	۱/۰۳	۰/۹۹۹۸ ^{NS}
فاصله (نیوتن ثانیه)	۳/۰۱	۲/۹۸	۰/۸۶۱۶ ^{NS}
سطح (میلیمتر)	۴/۲۶	۴/۳۹	۰/۷۵۵۵ ^{NS}

NS در سطح ۹۵ درصد معنی دار نمی باشد.

منابع مورد استفاده

- AACC 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. vol. 2. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Armero E and Collar C, 1997. Texture properties of formulated wheat doughs: Relationships with dough and bread technological quality. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung 204, 136-145.
- Chen WZ and Hosney RC, 1995. Development of an objective method for dough stickiness. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie-Food Science and Technology 28, 467-473.
- Dhaliwal AS, Mares DJ and Marshall DR, 1990. Measurement of dough surface stickiness associated with the 1B/1R chromosome translocation in bread wheats. Journal of Cereal Science 12, 165-175.
- Friedman HH, Whitney JE and Szczesniak AS, 1963. The texturometer-A new instrument for objective texture measurement. Journal of Food Science 28, 390-396.

- Gliemmo MF, Campos CA and Gerschenson LN, 2006. Effect of several humectants and potassium sorbate on the growth of *Zygosaccharomyces bailii* in model aqueous systems resembling low sugar products. *Journal of Food Engineering* 77(4), 761-770.
- Howard NB, 1972. The role of some essential ingredients in the formation of layer cake structures. *Baker's Dig* 46(5), 28-37.
- Krog NJ and Sparsø FV, 2004. Food Emulsifiers: Their Chemical and Physical Properties. Pp. 45-91. In: Friberg SE and Larsson K (eds). *Food Emulsions*. New York: Marcel Dekker.
- Lai H-M, 2002. Effects of rice properties and emulsifiers on the quality of rice pasta. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82(2), 203-216.
- Lombard GE, Weinert IAG, Minnaar A and Taylor JRN, 2000. Preservation of South African steamed bread using Hurdle technology. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie-Food Science and Technology* 33, 138- 143.
- Maleki M, Vetter J and Hoover W, 1981. The effect of emulsifiers, sugar, shortening and soya flour on the staling of barbari flat bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 32(12), 1209-1212.
- Noguchi G, Shinya M, Tanaka K and Yoneyama T, 1976. Stickiness with texturometer reading and with various quality parameters. *Cereal Chemistry* 53, 72-77.
- Pena RJ, Amaya A, Rajaram S and Mujeeb-Kazi A, 1990. Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocation wheats. *Journal of Cereal Science* 12, 105-112.
- Rosell CM, Rojas JA and Benedito C, 2001. Combined effect of different anti staling agents on the pasting properties of wheat flour. *European Food Research and Technology* 212, 473-476.
- Silva RF, 2000. Uses of alpha-crystalline emulsifiers in the sweet goods industry. *Cereal Foods World* 45, 405-411.