نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، ص. ۲۸۹-۲۸۰

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 7, No. 4, 2012, p. 280-289

بهینه یابی زمان مخلوط کردن خمیر جهت بهبود خواص رئولوژیکی خمیر و کیفی نان بربری با استفاده ازروش سطح پاسخ

سید حسین رضوی زادگان جهرمی[1*]- فریده طباطبائی یزدی[2] - مهدی کریمی[3]- سید علی مرتضوی[4]

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۱۵
تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۱

چکیده

تلاش برای بهبود کیفیت محصولات نانوایی روز به روز در حال افزایش است. روشهای متعددی برای این منظور وجود دارد که در این پژوهش امکان ارتقاء و بهینه یابی خواص کیفی خمیر و نان بربری با تکیه بر فرآیند تولید و با استفاده از طرح سطح پاسخ چرخش پذیر مورد بررسی قرار گرفت. مدت زمان مخلوط کردن خمیردر سرعت پائین (۶۳ rpm) و بالا (۱۸۰ rpm) به مدت ۲-۸ دقیقه به عنوان متغیر های مستقل و حجم مخصوص نان بربری، چسبندگی، پیوستگی، ارتجاعیت، چسبناکی و سفتی خمیر به عنوان متغیرهای وابسته ارزیابی شد. نتایج آماری حاکی از تأثیر فرآیند تولید بر خواص کیفی خمیر و نان بربری بود که در این میان اثر خطی مدت زمان مخلوط کردن در سرعت بالا به عنوان موثرترین فاکتور برچسبناکی و ارتجاعیت خمیر تعیین شد. اثر درجه دوم مدت زمان مخلوط کردن در سرعت بالاو پائین به ترتیب به عنوان موثرترین فاکتور بر پیوستگی و سفتی خمیر و حجم مخصوص نان بربری بودند. همچنین اثر متقابل آنها نیز بر چسبندگی خمیر تأثیر شایانی داشت. نتایج بهینه سازی نشان داد بهترین کیفیت خمیر و نان زمانی حاصل می شود که مدت زمان مخلوط کردن در سرعت بالا و پائین به ترتیب ۷/۱۷ و ۲ دقیقه باشد.

واژه‌های کلیدی: بهینه یابی، رئولوژی، کیفیت، فرآیند تولید، نان بربری، مخلوط کردن خمیر

مقدمه

خمیر ماده ای ویسکوالاستیک است که از مخلوط کردن آب و آرد به مقدار کافی حاصل می شود. خواص فیزیکی آن به فاکتورهای متعددی بستگی دارد که این فاکتورها به شدت قابلیت دستگاهی خمیر و کیفیت نهایی محصول را تحت تأثیر قرار می دهند (Navickis, 1982). کیفیت آرد، نوع و سطح مواد اولیه، فرآیند تولید نان (مرحله مخلوط کردن، تخمیر، چانه گیری، پخت و سرد کردن) و ترکیباتی نظیر افزودنی ها، پارامترهای تأثیرگذار بر خواص تکنولوژیکی خمیر و کیفی نان می باشند (Armero E, Collar, 1996).

Weipert (۱۹۸۷) بیان کرد بررسی خواص رئولوژیکی در کنار علم شیمی، تکنیکی لازم و قدرتمند برای شرح و پیش بینی کیفیت محصولات غذایی می باشد. در طی ۶۰سال اخیر، دستگاههایی متعدد با اصول و تکنیک های مختلف گسترش یافته اند که مطالعه رئولوژی خمیر را تسهیل می کنند. آزمون های تقلیدی سنتی رئولوژیکی (فارینوگراف، آلوئوگراف، اکستنسوگراف، ماتوروگراف و آمیلوگراف) برای محاسبه پارامتر های پخت نان طراحی شده و اجازه داده تا با استفاده از مدل سازی مراحل تولید (مخلوط کردن، تخمیر و سرد کردن)، کیفیت محصول نهایی تخمین زده شود اما این نوع آزمون ها همبستگی های تجربی محدودی با خواص کیفی محصولات دارند (Dreese, 1988). در تستهای تقلیدی، برخی از خواص مهم فیزیکی مانند چسبندگی خمیر که تأثیر شایانی بر توانایی فرآوری خمیر توسط تجهیزات نانوایی دارد در نظر گرفته نشده است (Martin and Stewart,1991). Muller (۱۹۷۵) گزارش کرد هرچند که اکثر نتایج مهم آزمون های رئولوژیکی بر اساس رئومتری بدست می آید، اما

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: (Email: Sh.razavizadegan@gmail.com
۲و۴- به ترتیب استادیار و استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- استادیار و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی خراسان رضوی.

Archive of SID
www.SID.ir

روش ها و دستگاه های مربوط بـه آزمـون هـای تجربـی رئولـوژیکی شایع تر و مفید تر می باشند. در چنـد دهـه اخیـر مطالعـه وسـیعی در زمینه رئولوژی خمیر صورت گرفته است امـا در تمـام ایـن تحقیقـات، بررسی کمی در خصوص تأثیر شرایط فرایند تولید بر رئولـوژی خمیـر با استفاده از آزمون های تجربی انجام شـده اسـت. همچنـین بررسـی بسیار محدودی در زمینه رئولـوژی خمیـر نـان هـای مسـطح صـورت گرفته که با توجه به تأثیر متغیر های فرآیند تولید نان بر کیفیـت نـان بربری و همچنین عدم کیفیت این نوع نان، لزوم بررسـی آن متغیرهـا بر تغییرات خواص رئولوژیکی خمیر و کیفی نان و بهبـود آن احسـاس می شود.

مرحله مخلوط کردن یکی از مراحل مهم تولید نان می باشـد کـه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. محققان زیادی در بررسی های خود به نقش تعیین کننـده ایـن مرحلـه اشـاره داشـته انـد (Hamer and Lichtendonk, 1987; Grosch and Wieser, 1999; Chin and Campbell, 2005; Peighambardoust *et al.*, 2005; 2006; 2007) .آنها در تحقیقات خود بیان کردند که زمان و سـرعت مخلـوط کردن خمیر دو عامل تأثیر گذار در این مرحله می باشند. Weegels و همکاران (۱۹۹۷) در پژوهشی تأثیر پارامترهـای فـرآوری خمیـر را بـر شبکه گلوتن بررسی کردند. آنها دریافتنـد کـه تعـدادی از تبـادلات در طی مرحله مخلوط کردن خمیر منجر به تضعیف شبکه گلـوتن نسـبت بـه حالـت مطلـوب جهـت ایجـاد حجـم مناسـب در نـان مـی شـود. Hoseney and Rogers (۱۹۹۰) گزارش کردند مکانیسم پیشـنهادی بدین صورت است که در طی مخلوط کردن تعدادی از بانـد هـای دی سولفیدی شکسته شده وگلوتنین بصورت جزئی دپلیمریزه شده اسـت. تغییر در توزیع پروتئین در مراحل تولید نان را مـی تـوان بـه تغییـر در حلالیت پروتئین و تغییر در حلالیت را بـه تغییـر در تـراکم و تـوده ای شدن و حالت بازشدگی پلیمر گلـوتن نسـبت داد. Wang و همکـاران (۱۹۹۲) عنوان کردند که بازشدگی پلیمر گلوتن بدلیل تجزیه بانـدهای دی سولفیدی در طـی مرحلـه مخلـوط کـردن مـی باشـد. Alava و همکاران (۲۰۰۱) به بررسی تعیین مراحل تولید و زمان مخلوط کـردن خمیردر مخلوط کن های با سرعت بالا پرداختند. آنها عنوان کردند که همبستگی زیادی بین زمان مخلوط کردن خمیر و پارامتر هـای کیفـی نان مانند حجم مخصوص وجود دارد. همچنین افزودند کـه خمیـر بـا الاستیسیته بالاتر نیازمند زمان مخلـوط کـردن طـولانی تـری اسـت. Faubion and Hoseney (۱۹۹۷) دریافتنـد کـه الاستیسـیته و ویسکوزیته خمیر به زمان و سرعت مخلـوط کـردن خمیـر و نـوع آرد بستگی دارد. افزایش زمان مخلوط کردن باعـث کـاهش الاستیسـیته خمیر می شود که الاستیسیته خمیر بر قدرت حفظ گاز خمیر موثر مـی باشد. Mani و همکـاران (۱۹۹۲) بیـان کردنـد طـی فرآینـد مخلـوط کردن، ذرات آرد سریعاً هیدراته شده، شبکه گلـوتن گسـترش یافتـه و ترکیب کردن هوا به درون سیسـتم خمیـر رخ مـی دهـد. زمـانی کـه پروتئین بوسیله نیروی برشی مخلوط کن هیدراته شد، به شکل رشـته ای در شبکه درمی آید و مقاومت سیستم به انبساط بیشتر می شود.

با توجه به مطالب ذکر شده این پژوهش با ا هدف زیر انجام شـد: ۱- بررسی تأثیر متغیر های فرآیند تولید نـان بـر خـواص کیفـی نـان بربری و رئولوژیکی خمیر. ۲- بهینه سازی زمان مخلوط کردن خمیر.

مواد و روش ها

آرد ستاره با درجه ستخراج ۸۶/۵، رطوبت ۱۰/۵۲ (وزن مرطـوب)، پروتئین ۱۲/۸، چربی ۱/۷۶، خاکستر ۰/۸، گلوتن مرطوب ۲۶/۷، عدد فالینگ ۴۰۷ از کارخانه آرد گلمکان تهیه شد. به این منظور، آرد مـورد نیاز برای انجام آزمایشات یکجا تهیه و در سرد خانه نگهداری گردیـد. مخمر مورد استفاده *ساکارومایسس سرویسیا*[1] بود که بـه شـکل پـودر مخمر خشک فعال بصورت بسته بندی وکیوم از شـرکت خمیـر مایـه رضوی (مشهد، ایران) تهیه شد سایر مواد مورد اسـتفاده در آزمایشـات از شرکت های معتبر خریداری گردید.

تولید نان

نان مورد بررسی در این تحقیق نان بربری بود کـه مراحـل تولیـد آن بدین صورت می باشد: مخلوط نان با ۱۰۰٪ آرد گنـدم، ۱٪ مخمـر خشک، ۲٪ نمک، ۱٪ شکر، ۱٪ شـورتنینگ و آب (مقـدار لازم بـرای رسیدن به ۴۰۰ واحد برابندر) تهیه گردیـد (Maleki *et al.*, 1981). پس از مخلوط کردن اجزا (مخلوط کن اسـپیرال، سـاخت تـایوان) بـه مدت ۱۵ دقیقه و با دور ثابت (۶۳ rpm) ، تخمیر اولیـه (۶۰ دقیقـه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵-۸۵٪) و در ادامـه چانـه کردن (خمیر به چانه های با وزن ۲۰۰ گرم تقسیم بندی شـد)، شـکل دهی و پانچ کردن انجام شد. در مرحله بعد چانه های حاصـل، تخمیـر ثانویه را به مدت ۲۰ دقیقه و در دمای ۴۲ درجه سـانتیگراد و رطوبـت نسبی ۷۵-۸۵٪ سپری کردند و آخرین مرحلـه، پخـت (۱۳ دقیقـه در ۲۶۰ درجه سانتیگراد) بود. پس از پخـت، نمونـه هـای نـان در دمـای محیط و زیر اتاق تمیز سرد و بسته بندی گردیدند تا از آلـودگی ثانویـه جلوگیری شـود و آزمایشـات بعـدی روی آنهـا انجـام گـردد. در ایـن پژوهش مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت پـائین بـه مـدت ۲ الی ۸ دقیقه (با سرعت rpm ۶۳) و مـدت زمـان مخلـوط کـردن در سرعت بالا به مدت ۲ الـی ۸ دقیقـه (بـا سـرعت rpm ۱۸۰) مـورد بررسی قرار گرفت.

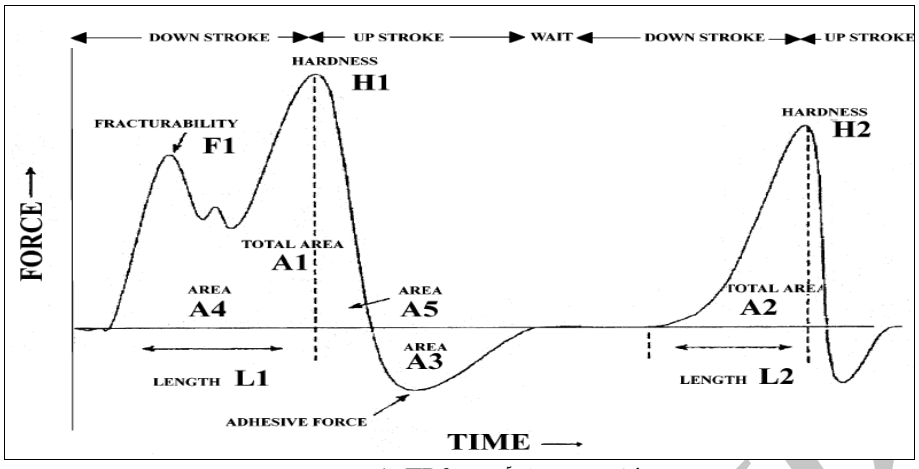
اندازه گیری حجم مخصوص نان

حجم مخصوص نمونه های نان بر اساس روش جایگزینی دانه‌ی کلزا تعیین شد (Barcenas and Rosell , 2006). بـدین منظـور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعاتی با ابعاد ۱ سانتی متر در ۱ سانتی متر از مرکز هندسی نان تهیه گردید و در نهایت حجم آنهـا بـه روش جایگزینی دانه‌ی کلزا ارزیابی شد.

1- *S.cerevisiae*

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱- نمودار آزمون TPA بافت خمیر

آزمون خصوصیات مکانیکی خمیر

برای تعیین خصوصیات مکانیکی خمیر، از دستگاه بافت سنج[1] استفاده شد. جهت انجام این آزمون از روش Armero and Collar (۱۹۹۷) استفاده گردید. برای آنالیز بافت خمیر، از روش دو مرحله ای آنالیز پروفایل بافت (TPA[2])، پروبی با قطر ۵ سانتی متر استفاده گردید. قطعه ای ۳۰ گرمی از خمیر در زیر پروب قرار گرفت و سرعت حرکت پروب ۱ میلی متر در ثانیه، فاصله زمانی بین دو مرحله ۷۵ ثانیه و میزان نفوذ ۶۰٪ لحاظ گردید. خصوصیات بافتی اصلی در غیاب چسبندگی مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور یک پوشش پلاستیکی بر روی خمیر قرار داده شد تا پیک منفی حاصل از چسبیدن خمیر به پروب حذف گردد. آنالیز نمودار بافت حاصل از خمیر پارامترهایی به ما می دهد که در بررسی خصوصیات خمیر موثر خواهند بود (شکل ۱). این پارامترها شامل موارد زیر می باشد: پیوستگی[3]:A2/A1; سفتی[4]:H1; چسبندگی[5]:A3 و ارتجاعیت[6]: Area cycle1- Hardness 1 (Hardness 1 work done) = (work done)/

آزمون چسبندگی

برای ارزیابی چسبندگی خمیر، آزمونی مشابه ارزیابی خواص آزمون مکانیکی خمیر و به طور جداگانه بدون قرار دادن پوشش پلاستیکی انجام شد (Armero and Collar, 1997).

آزمون چسبناکی خمیر[7]

چسبناکی خمیر طبق روش Armero and Collar (۱۹۹۷) ارزیابی شد. در این روش از آزمون فشردگی۸ با پروبی به قطر ۲۵ میلیمتر و لود سل اعمال نیرو ۲۵ کیلوگرم استفاده گردید. خمیری به وزن ۲۵ گرم درون کاپ مخصوص قرار گرفت بطوری که پس از بستن درب کاپ، در اثر اعمال نیرو وارده به خمیر، خمیری به ارتفاع حدود ۵ میلیمتراز روزنه های سطح کاپ خارج شود. سرعت حرکت پروب ۱۰ میلی متر بر ثانیه، و میزان نفوذ ۶۰٪ لحاظ گردید. نقطه شروع ۵ گرم و نقطه هدف ۱۰۰ گرم استفاده شد.

طرح آزمایشی و روش آنالیز نتایج

برای بررسی تأثیر پارامتر های مراحل تولید نان و بهینه یابی آنها از طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر[9] با دو فاکتور و سه سطح استفاده شد. در این طرح صفت های (پاسخ ها) مورد بررسی به عنوان متغیر وابسته و متغیر های مراحل تولید نان (مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت پائین (۶۳ rpm) (۲ الی ۸ دقیقه)، مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا (۶۳ rpm) (۲ الی ۸ دقیقه)) به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. بنابراین نتایج بصورت مدلی رگرسیونی که پاسخ ها در آن تابعی از متغیر های مستقل به همراه ضرایبی است، می باشد. مقدار ضرایب در معادلات چند جمله ای درجه دوم سهم تأثیر متغیر های مستقل در پاسخ مربوطه نمایش می‌دهد. طرح آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است. ۵ تکرار در نقطه مرکزی برای تخمین خطای خالص در مجموع مربعات می باشد. نتایج با روش رگرسیونی چندگانه پس رونده ارزیابی شد. در این

1 - QTS Texture Analyser, CNS Farnell, Hertfordshire, UK.
2 - Texture Profile Analysis
3 - Cohesiveness
4- Hardness
5 - Adhesiveness
6- Resilience

7- Stickiness
8- Comprassion
9- Central composite rotatable design (CCRD)

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیق محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار Design expert نسخه ۶.۰.۲ صورت گرفت. گفتنی است که تمام فرمولها در دو تکرار (دو بچ مجزا و از هر بچ سه تکرار) انجام پذیرفت. به منظور بهینه سازی مراحل تولید نان بربری در طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر باید ابتدا حد پائین[1]، بالا[2] و مطلوب[3] حداکثر۱۳ متغیر وابسته و وزن[4] و وزن[4] و اهمیت آنها را تعیین کرد (جدول۲). بدلیل اهمیت زیاد فاکتورهای رئولوژی و کیفی خمیر و نان ارائه شده دراین پژوهش در کیفیت نهایی نان، وزن و اهمیت آنها بیشینه در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

تأثیر متغیرهای فرآیند بر پیوستگی خمیر

نتایج آماری بیانگر تأثیر معنی دار مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالاو پائین بر پیوستگی خمیر است. بررسی تغییرات پیوستگی خمیر نشان داد که با افزایش مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا و مدت زمان مخلوط کردن در سرعت پائین، به ترتیب پیوستگی خمیر روند صعودی و نزولی دارد. جدول ۴ نشان داد معادله ای با R^2 (۰/۸۳) بالا و معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) برای پیشگویی پیوستگی خمیر برخوردار است. بررسی جدول آنالیز (جدول ۳) نشان می دهد که مراحل تولید بصورت معادله درجه دوم بر مقدار پیوستگی خمیر موثر است و با توجه به ضرایب هر جزء در جدول ۴ مشخص می شود که مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا، بیشترین اثر بر پیوستگی خمیر دارد. Haridas و Manohar (۱۹۹۷) بیان کردند که با افزایش مدت زمان مخلوط کردن خمیر، پیوستگی خمیر افزایش می یابد. Armero and Collar (۱۹۹۷) طی تحقیقی بیان کردند که رابطه نزدیکی بین پیوستگی خمیر و سفتی نان مشاهده شده است. آنها در تحقیقات بعدی خود اشاره کردند که خمیر با پیوستگی بالا تر مقاومت ساختار درونی آنها به نیروهای برشی بیشتر می باشدکه این امر موجب تولید نانی با حجم مخصوص بالاتر و بافتی نرمتر می شود (Collar and Armero, 1996). Wang و همکاران (۱۹۹۲) دریافتند کاهش مقاومت خمیر در طی مخلوط کردن به دلیل کاهش باند های دی سولفیدی یا به عبارتی بازشدگی شبکه گلوتن می باشد. Weegels و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که تغییرات ساختاری صورت گرفته در خمیر طی فرآیند مخلوط کردن و تخمیر، بیانگر انجام واکنش های خاص گلوتنین، طی بازشدگی گلوتنین در حین مخلوط کردن خمیر و تشکیل دوبار پلیمرهای قابل استخراج توسط سدیم دو دسیل سولفات[5] درمرحله تخمیر خمیر می باشد. بازشدگی پروتئین گلوتن بدلیل تجزیه باندهای دی سولفیدی در طی مرحله مخلوط کردن می باشد (Wang *et al.*, 1992). این امر خود موجب کاهش مقدار و میانگین وزن مولکولی گلوتنین و در نتیجه گسترش نیافتن شبکه گلوتنی و ایجاد شبکه ای ضعیف می شود. بنابراین با افزایش مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت پائین بدلیل شبکه ضعیف گلوتنی پیوستگی خمیر کاهش یافته اما با افزایش مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا، بدلیل تشکیل شدن شبکه گلوتنی قوی پیوستگی افزایش می یابد.

تأثیر متغیرهای فرآیند بر سفتی خمیر

سفتی خمیر فاکتوریست که به شدت در فرایند مخلوط کردن خمیر مشهود می باشد. نتایج آماری حاکی از تأثیر معنی دار مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا و پائین بر سفتی خمیر است. با توجه به شکل ۳ ملاحظه می شود که با افزایش مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا سفتی خمیر افزایش می یابد در حالیکه در سرعت پائین ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد. تغییرات سفتی خمیر نشان داد که معادله با R^2 (۰/۹۴) بالا و بسیار معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) برای پیشگویی آن برخوردار است. بررسی جدول آنالیز واریانس (جدول ۳) نشان می دهد که مراحل تولید به صورت معادله درجه دوم بر مقدار سفتی خمیر موثر است و با توجه به ضرایب معادله در جدول ۴، واضح است که مدت زمان مخلوط کردن با سرعت پائین بیشترین اثر را بر سفتی خمیر دارد. Cornillon و Kim (۲۰۰۱) بیان کردند که سیالیت آب خمیر بدلیل افزایش برخوردهای بین مولکول های آب و سایر ماکرومولکول ها در طی مرحله مخلوط کردن خمیر کاهش می یابد. همچنین با افزایش سرعت در مخلوط کردن خمیر فضای بین مولکولی کاهش می یابد. کاهش انتهایی سفتی خمیر با افزایش زمان مخلوط کردن در سرعت پائین شاید بدلیل کاهش استحکام شبکه گلوتن باشد.

تأثیر متغیرهای فرآیند برارتجاعیت خمیر

ارتجاعیت خمیر یکی از فاکتورهایی است که در محدوده خطی نمودار تنش به کرنش یا نیرو به زمان اندازه گیری می شود و بازگو کننده حالت الاستیک خمیر می باشد. شکل ۴ تغییرات ارتجاعیت خمیر با توجه به فرآیند تولید نشان می دهد. نتایج نشان داد که مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا و پائین تأثیر معنی داری بر ارتجاعیت خمیر داد. با افزایش مدت زمان مخلوط کردن در سرعت بالا و پائین، ارتجاعیت خمیر به ترتیب روندی صعودی و نزولی دارد. بررسی تغییرات ارتجاعیت خمیر نشان داد که معادله با R^2 (۰/۸۷) بالا وبسیار معنی داری ($p\leq$۰/۰۵) برای پیشگویی آن برخوردار است. بررسی جدول آنالیز واریانس (جدول ۳) نشان می دهد که مراحل تولید به صورت معادله درجه دوم بر مقدار ارتجاعیت خمیر موثر است و با توجه به ضرایب معادله در جدول ۴، واضح است که مدت زمان مخلوط کردن با سرعت پائین بیشترین اثر را بر ارتجاعیت خمیر دارد.

1- Lower
2- Upper
3- Target
4- Weight
5- SDS

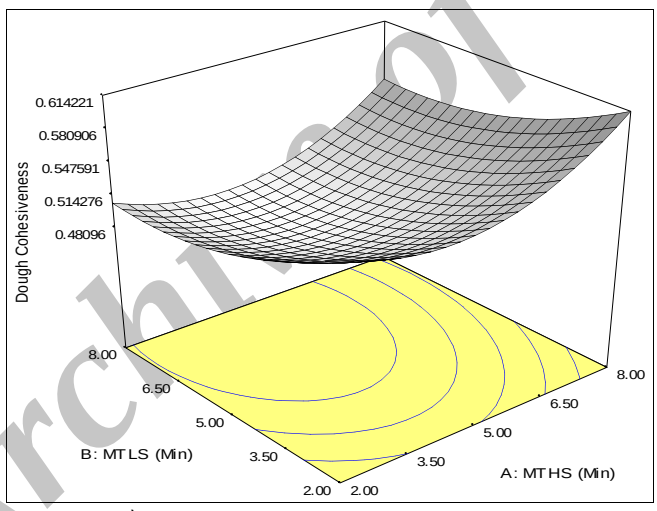
Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- تیمار های تصادفی آزمایش بر اساس متغیر های فرآیند مخلوط کردن در طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر

نمایش کد دار و بدون کد متغیر های فرآیند			پاسخ ها					
شمارش	X ۱ MTHS	X ۲ MTLS	Y ۱	Y ۲	Y ۳	Y ۴	Y ۵	Y ۶
۱	-۱ (۰)	۰ (۵)	۰/۶± ۰/۰۷	۳/۲۳±۰/۳۹	۰/۱۵±۰/۰۴	۱۰۳/۵۵±۳/۵۴	۵/۱۶±۰/۶۳	۴/۳۸±۰/۴۷
۲	۱ (۹/۲۴)	۰ (۵)	۰/۶± ۰/۱۱	۴/۸۷±۰/۶۳	۰/۱۵±۰/۰۳	۱۰۳/۵۵±۳/۱۱	۵/۴۱±۰/۹۸	۴/۶۶±۰/۶۲
۳	۱ (۸)	۱ (۸)	۰/۵۴±۰/۰۴	۴/۲۶±۰/۴۱	۰/۱۳±۰/۰۳	۱۰۳±۲/۸۷	۶/۰۰±۱/۰۴	۳/۸۱±۰/۴۳
۴	۰ (۵)	۰ (۵)	۰/۵۱±۰/۰۹	۴/۷±۰/۲۳	۰/۱۴±۰/۰۵	۱۰۳/۵±۲/۲۳	۵/۴۷±۰/۷۶	۴/۷۹±۰/۳۸
۵	۰ (۵)	۰ (۵)	۰/۵۱±۰/۱۰	۴/۷±۰/۵۴	۰/۱۴±۰/۰۲	۱۰۳±۳/۴۱	۵/۱۷±۰/۵۲	۴/۶۴±۰/۶۷
۶	۰ (۵)	۰ (۵)	۰/۴۵±۰/۰۵	۴/۳۹±۰/۲۶	۰/۱۴±۰/۰۳	۱۰۳/۳۳±۱/۳۴	۵/۰۵±۰/۶۹	۳/۱۷±۰/۳۶
۷	-۱ (۲)	۱ (۸)	۰/۴۸±۰/۱۴	۳/۶±۰/۶۹	۰/۱۵±۰/۰۲	۱۰۳/۵۱±۲/۲۳	۴/۸±۰/۸۶	۴/۴۰±۰/۴۱
۸	۰ (۵)	-۱ (۰)	۰/۶±۰/۰۸	۲/۹۵±۰/۲۷	۰/۱۷±۰/۰۶	۱۰۶±۳/۷۳	۴/۶۷±۰/۴۶	۴/۸۲±۰/۷۶
۹	۰ (۵)	۱ (۹/۲۴)	۰/۵۲±۰/۱۳	۳/۴±۰/۴۹	۰/۱۳±۰/۰۳	۱۰۱/۲۵±۱/۱۷	۶/۲۰±۱/۱۵	۵/۱۲±۱/۰۳
۱۰	۱ (۸)	-۱ (۲)	۰/۶۴±۰/۱۲	۴/۵±۰/۸۶	۰/۱۷±۰/۰۵	۱۰۵/۵۱±۴/۳۳	۴/۲۰±۰/۷۵	۴/۹۲±۰/۴۴
۱۱	-۱ (۲)	-۱ (۲)	۰/۵۵±۰/۰۶	۳/۴±۰/۱۹	۰/۱۵±۰/۰۴	۱۰۵/۰۷±۴/۰۵	۵/۶۰±۰/۶۱	۴/۲۸±۰/۸۱
۱۲	۰ (۵)	۰ (۵)	۰/۵۲±۰/۰۷	۴/۳۹±۰/۵۶	۰/۱۴±۰/۰۴	۱۰۴/۷۵±۲/۱۳	۴/۹۶±۰/۵۴	۴/۳۶±۰/۶۶
۱۳	۰ (۵)	۰ (۵)	۰/۴۹±۰/۰۹	۴/۸۷±۰/۹۵	۰/۱۳±۰/۰۴	۱۰۳±۳/۵۸	۴/۷±۰/۴۸	۴/۴۶±۰/۳۴

MTLS (مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت پائین برحسب دقیقه (۶۳ rpm)) ، MTHS (مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا برحسب دقیقه (۱۸۰ rpm)). Y1 (پیوستگی خمیر) ، Y۲ (سفتی خمیر (N)) ، Y۳ (ارتجاعیت خمیر) ، Y۴ (چسبناکی خمیر (gs)) ، Y۵ (چسبندگی خمیر (NS)) ، Y۶ (حجم مخصوص نان (cm3/g)).



شکل ۲- نمودار سطح پاسخ تغییرات پیوستگی خمیر نان بربری در مراحل مختلف تولید نان (مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت بالا MTHS، مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت پائین MTLS).

جدول۲- متغیر های وابسته مورد استفاده در بهینه سازی و ویژگی های آنها

صفت ها	هدف	حد پائین	حد مطلوب	حد بالا	وزن	اهمیت
پیوستگی خمیر	بیشینه	۰/۴۵	۰/۶۴	-	۱۰	۵
سفتی خمیر	کمینه	-	۲/۹۵	۴/۸۷	۱۰	۵
ارتجاعیت خمیر	بیشینه	۰/۱۱	۰/۱۷	-	۱۰	۵
چسبناکی خمیر	کمینه	--	۱۰۱/۲۵	۱۰۶	۱۰	۵
چسبندگی خمیر	کمینه	-	۴/۲	۶/۲	۱۰	۵
حجم مخصوص نان	بیشینه	۳/۱۷	۵/۱۲	-	۱۰	۵

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- آنالیز واریانس ویژگی رئولوژیکی خمیر نان بربری بر اساس تیمارهای مراحل تولید نان

صفت ها		درجه آزادی	F	درجه آزادی خطا	مجموع مربعات	ضریب تغییرات	انحراف معیار	ضعف برازش	شاخص پرس
پیوستگی خمیر	خطی	۰	۰	۱۲	۰	۱۰/۳۹	۰/۰۵۶	۵/۵۴ ns	۰/۰۴۴
	درجه دوم	۴	۵/۶۷	۸	۰/۰۳۱	۵/۲۳	۰/۰۲۸	۱/۰۴ ns	۰/۰۲۲
سفتی خمیر	خطی	۱	۷/۱۹	۱۱	۲/۳۸	۱۴/۱۳	۰/۵۸	۱۰/۹۷	۴/۴۴
	درجه دوم	۴	۳۴/۴۸	۸	۵/۷	۴/۹۹	۰/۲	/۸۳ ns	۰/۶۶
ارتجاعیت خمیر	خطی	۱	۱۹/۰۴	۱۱	۰/۰۱۹	۰/۰۷	۰/۰۱	۷/۵۶	۰/۰۰۱۷
	درجه دوم	۴	۱۳/۳۹	۸	۰/۰۲۷	۴/۹۴	۰/۰۷۱	۴/۰۵ ns	۰/۰۰۱۷
چسبناکی خمیر	خطی	۱	۳۵/۷	۱۱	۱۴/۶۶	۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۶۶ ns	۶/۳۳
	درجه دوم	۱	۳۵/۷	۱۱	۱۴/۶۶	۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۶۶ ns	۶/۳۳
چسبندگی خمیر	خطی	۱	۵/۵۵	۱۱	۱/۲۴	۹/۱۱	۰/۴۷	۳/۸۱ ns	۳/۷۳
	درجه دوم	۳	۱۱/۶	۹	۲/۹۳	۰/۲۹	۵/۶	۱/۱۰ ns	۱/۵۰
حجم مخصوص خمیر	خطی	۱	۷/۱۹	۱۱	۲/۳۸	۱۴/۱۳	۰/۵۸	۱۰/۹۷	۴/۴۴
	درجه دوم	۴	۳۴/۴۸	۸	۵/۷	۴/۹۹	۰/۲	۰/۸۳ ns	۰/۶۶

ns نشاندهنده معنی دارنبودن ضراب رگرسیونی در سطح ($p\leq$۰/۰۵) است.

جدول۴- ضرایب رگرسیونی صفت ها با تکیه بر مراحل تولید نان بربری

	پاسخ ها					
ضرایب	Y۱	Y۲	Y۳	Y۴	Y۵	Y۶
Intercept	۰/۴۹	۴/۶۱	۰/۱۴	۱۰۳/۷۴	۵/۱۹	۴/۶۱
A	۰/۰۲۳	۰/۵۰	۰/۰۰۹۴	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۲۸
B	-۰/۰۳۱	۰/۰۲۸	-۰/۰۱۵	۱/۲۹ ns	۰/۳۸	۰/۰۲۳
A^2	۰/۰۴۴	-۰/۱۹	۰/۰۵۹۳	۰/۱۲ ns	۰/۰۴۳ ns	-۰/۱۹
B^2	۰/۰۲۲	-۰/۵۸	۰/۰۱۷۶	۰/۱۴ ns	۰/۱۱ ns	-۰/۶۸
AB	-۰/۰۷۵ ns	-۰/۱۸ ns	۰/۰۱	-۰/۲۳ ns	۰/۶۵	-۰/۱۱ ns
R^2	۰/۸۳	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۹۴
R^2 (Adj)	۰/۷۴	۰/۹۱	۰/۸۰	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۹۱

ns نشاندهنده معنی دارنبودن ضراب رگرسیونی در سطح ($p\leq$۰/۰۵) است. A (مدت زمان مخلوط کردن در سرعت بالا) ، B (مدت زمان مخلوط کردن در سرعت پائین).

Bloksma (۱۹۷۵) دریافت که تغییرات الاستیک گلوتن خمیر به تعداد اتصالات عرضی دی سولفیدی مرتبط می شود و حالت ویسکوز گلوتن را به شکستن و اصلاح باند های دی سولفیدی در واکنش تبادل تیول دی سولفید می توان نسبت داد. Rogers و Hoseney(۱۹۹۰) گزارش کردند که در طی مخلوط کردن، پروتئین گلوتن تحت استرس قرار گرفته و تعدادی از باند های دی سولفیدی شکسته شده وگلوتنین بصورت جزئی دپلیمریزه شده است. لذا می توان نتیجه گرفت که در طی مخلوط کردن خمیر به دلیل شکسته شدن باندهای دی سولفیدی، الاستیسیته یا ارتجاعیت خمیر کاهش می یابد. در حالیکه بدلیل افزایش تشکیل باندهای دی سولفیدی با افزایش سرعت مخلوط کن در خمیر ارتجاعیت خمیر افزایش می یابد.

تأثیر متغیرهای فرآیند برچسبناکی خمیر

نتایج آماری بیانگر تأثیر معنی دار مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا بر چسبناکی خمیر است. بررسی تغییرات چسبناکی خمیر نشان داد که معادله حاصل از R^2 (۰/۷۶) و معنی داری (۰/۰۵ $\geq p$) برای پیشگویی آن بدست آمده است. با توجه به جدول آنالیز واریانس (جدول۳)، مشاهده می شود که مراحل تولید نان به صورت

Archive of SID

www.SID.ir

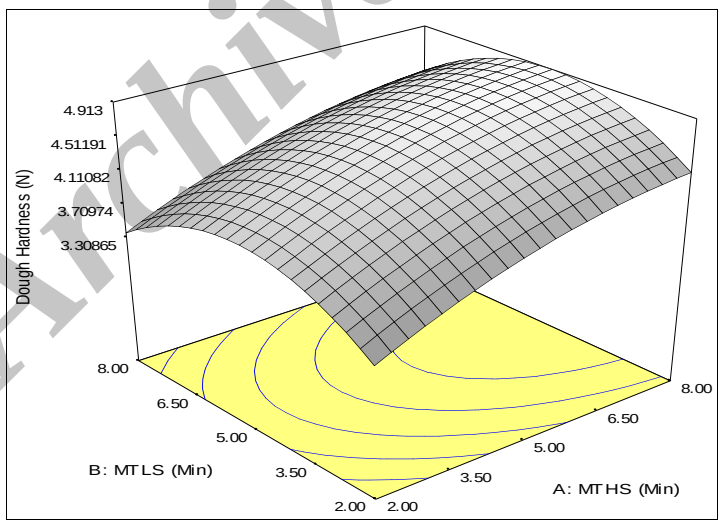
معادله درجه دوم بر مقدار چسبناکی خمیر موثر هستند و با توجه به جدول ۴، ملاحظه می شود که مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت پائین اثر معنی داری بر چسبناکی خمیر دارد. و Manohar Haridas(۱۹۹۷) دریافتند که با افزایش مدت زمان فرآیند مخلوط کردن خمیر، چسبندگی خمیر افزایش و چسبناکی آن کاهش می یابد. بطور کلی تغییر در چسبناکی خمیر بدلیل تغییر در نحوه توزیع وزن مولکولی گلوتن در خمیر می باشد (Danno and Hoseney, 1982 ;Saunders *et al.*, 1992).

تأثیر متغیرهای فرآیند برچسبندگی خمیر

نتایج آماری چسبندگی خمیر حاکی از تأثیر معنی دار ($p\leq ۰/۰۵$) تیمار های مراحل تولید نان بر چسبندگی خمیر است. شکل ۵، تغییرات چسبندگی خمیر را نشان می دهد. ملاحظه می شود که با افزایش مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا، چسبندگی خمیر کاهش می یابد. روند تغییرات چسبندگی خمیر با افزایش مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت پائین سیر صعودی دارد. بررسی تغییرات چسبندگی خمیر نشان می دهد (جدول ۴) که معادله حاصل از R^2 (۰/۷۹) بالا و معنی داری ($p\leq ۰/۰۵$) برای پیشگویی آن برخوردار است. بررسی جدول آنالیز واریا نس (جدول ۳) نشان داد که مراحل تولید به صورت معادله درجه اول و دوم بر چسبندگی خمیر موثر هستند و با توجه به ضریب هر جزء در جدول ۴، مشخص شد که اثر متقابل مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا و پائین، اثر بیشتری بر چسبندگی خمیر دارد. نتایج این تحقیق با Manohar و Haridas (۱۹۹۷) مشابه بود. آنها بیان کردند که با افزایش مدت زمان مخلوط کردن خمیر، چسبندگی خمیر افزایش می یابد. همچنین Szczeniak (۱۹۶۳) نیز بیان کرد که فاکتور چسبندگی خمیر که معرف چسبندگی سطح خمیر است، به چسبناکی آن مرتبط می باشدکه با توجه به مطالب ذکر شده در مقدمه می توان بیان کرد که بدلیل افزایش گسستگی باندهای دی سولفیدی در طی مرحله مخلوط کردن، انتظار می رود چسبندگی خمیر افزایش یابد.

تأثیر متغیر های فرآیند بر حجم مخصوص نان بربری

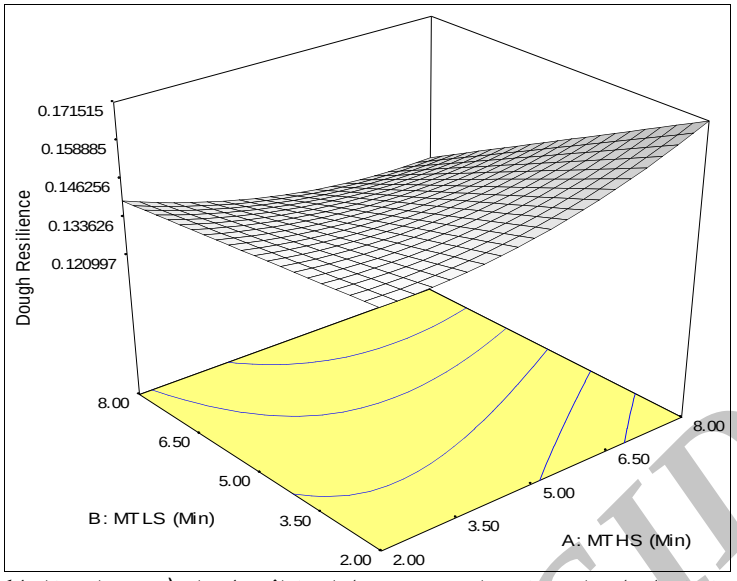
شکل ۶، روند تغییرات حجم مخصوص نان بربری باتوجه به متغیر های فرآیند نشان می دهد. ملاحظه می شود، با افزایش زمان مخلوط کردن در سرعت بالا، حجم مخصوص افزایش یافت در حالیکه با افزایش زمان مخلوط کردن در سرعت پائین ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. بررسی تغییرات حجم مخصوص نان بربری نشان داد که معادله حاصل از R^2 (۰/۹۴) بالا و معنی داری ($p\leq ۰/۰۵$) برای پیشگویی آن برخوردار است. با توجه به جدول آنالیز واریانس (جدول ۳) ملاحظه می شود مراحل تولید نان به صورت معادله درجه دوم بر مقدار حجم مخصوص نان بربری غنی شده با سویا موثر است و با توجه به ضرایب معادله در جدول ۴، مشخص است که مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا بیشترین اثر بر حجم مخصوص نان دارد.



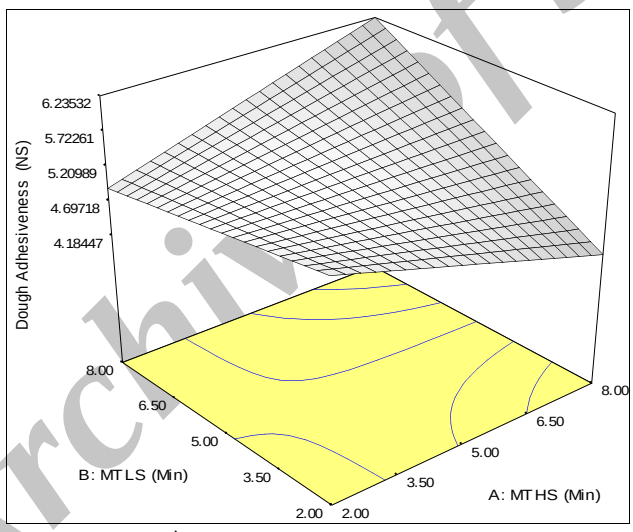
شکل۳- نمودار سطح پاسخ تغییرات سفتی خمیر نان بربری در مراحل مختلف تولید نان (مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت بالا MTHS، مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت پائین MTLS)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۴- نمودار سطح پاسخ تغییرات ارتجاعیت خمیر نان بربری در مراحل مختلف تولید نان (مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت بالا MTHS، مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت پائین MTLS)



شکل۵- نمودار سطح پاسخ تغییرات چسبندگی خمیر نان بربری در مراحل مختلف تولید نان (مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت بالا MTHS، مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت پائین MTLS).

Finney و همکاران (۱۹۸۲) عنوان کردند مدت زمان مخلوط کردن خمیر به کیفیت گلوتنین و حجم مخصوص نان به کیفیت گلیادین بستگی دارد. آنها معتقدند که مخلوط کردن خمیر در مدت زمان کوتاه منجر به تولید نانی با حجم مخصوص کم می شود و افزایش مدت زمان مخلوط کردن خمیر حجم مخصوص نان را افزایش می دهد. کاهش انتهایی حجم مخصوص با افزایش زمان مخلوط کردن در سرعت پائین احتمالاً بدلیل زمان زیاد مخلوط کردن می باشد.

Campbell و Chin (۲۰۰۵) عنوان کردند که با افزایش سرعت درمخلوط کردن خمیر هوادهی خمیر افزایش یافته و حبابچه های گازی بیشتری در خمیر تشکیل می شود و در نهایت باعث افزایش حجم نان می شوند. در تحقیقی دیگر Campbell و همکاران (۲۰۰۱) نیز عنوان کردند که با افزایش سرعت در مخلوط کردن خمیر، هوادهی خمیر افزایش یافته کیفیت قرص نان (حجم مخصوص) افزایش می یابد. Mani و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند که الاستیسیته بر ظرفیت نگهداری گاز در خمیر موثر است. تغییرات

Archive of SID

www.SID.ir

الاستیک گلوتن خمیر به تعداد اتصالات عرضی دی سولفیدی مرتبط می شود (Bloksma, 1975). Wieser و Grosch (۱۹۹۹) طی تحقیقی عنوان کردند که در طی مخلوط کردن خمیر مبادله گروه های سولفیدی و دی سولفیدی زیاد اتفاق می افتد و باند دی سولفیدی بین پروتئین های گلوتن افزایش می یابد و گلوتن الاستیک تر می شود. بنابراین با افزایش سرعت مخلوط کردن الاستیسیته خمیر افزایش می یابد و قدرت شبکه گلوتن در نگهداری گاز افزایش یافته و باعث ازدیاد حجم مخصوص قرص نان می شود.

بهینه یابی فرایند تولید نان بربری

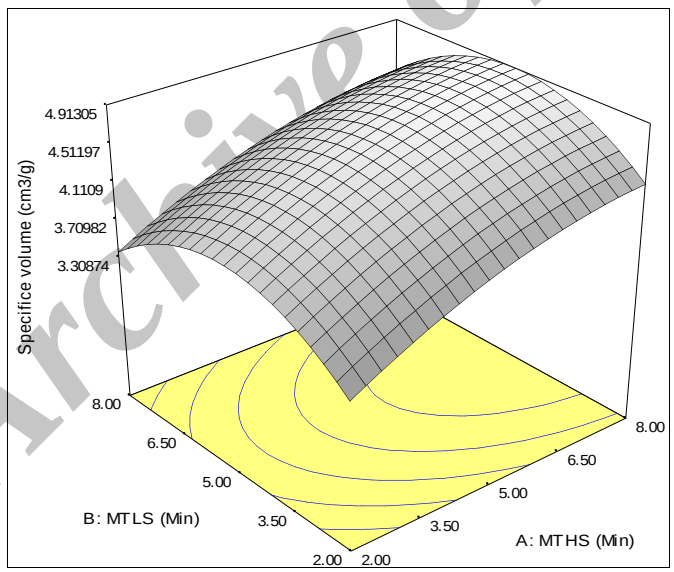
بهینه یابی پاسخ ها با توجه به موارد ذکر شده در جدول ۲ صورت گرفت. نتایج بهینه یابی نشان داد که بهترین حجم مخصوص نان بربری و خواص رئولوژیکی خمیر زمانی حاصل می شود که مدت زمان مخلوط کردن خمیر در سرعت بالا و پائین به ترتیب ۷/۱۷ و ۲ دقیقه باشد. در این حالت مقادیر چسبندگی، پیوستگی، سفتی، چسبناکی، ارتجاعیت خمیر و حجم مخصوص نان بربری به ترتیب عبارت بودند از ۴/۳۵ نیوتن ثانیه، ۰/۵۸، ۴/۲۵ نیوتن، ۱۰۵/۰۳ گرم ثانیه ، ۰/۱۶ و ۴/۸ سانتی مترمکعب بر گرم. در مقایسه ای که بین نان بربری تولیدی در شرایط بهینه و نان بربری تولیدی در شرایط معمولی (۱۵ دقیقه مخلوط کردن در سرعت پائین) به عمل آمد مشاهده شد که حجم مخصوص نان بربری و سفتی، پیوستگی، ارتجاعیت و چسبناکی خمیر نان بربری تولیدی در شرایط بهینه معنی دار و مطلوب تر از نان تولیدی در شرایط معمولی بود.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، می توان بیان کرد که استفاده از متغیرهای فرآیند تولید، بعنوان راهکاری در جهت بهبود و ارتقاء کیفیت نان و محصولات نانوایی مناسب می باشد. همچنین با توجه به موثر بودن مرحله مخلوط کردن خمیر بر خواص کیفی نان و خمیر، می توان با کنترل این مرحله کیفیت محصول را بهبود بخشید که در این بین نقش مدت زمان مخلوط کردن در سرعت بالاتر پر رنگ تر می باشد.

تشکر و قدردانی

در پایان لازم است که از حمایت های مالی مرکز تحقیقات جهادکشاورزی در جهت پیش برد این پژوهش قدردانی گردد.



شکل ۶. نمودار سطح پاسخ تغییرات حجم مخصوص نان بربری در مراحل مختلف تولید نان (مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت بالا MTHS، مدت زمان مخلوط کردن خمیر با سرعت پائین MTLS).

منابع

Alava, J. M., Millar, S. J and Salmon S. E. 2001. The Determination of Wheat Breadmaking Performance and Bread Dough Mixing Time by NIR Spectroscopy for High Speed Mixers. Journal of Cereal Science, 33:71–81.

Armero, E and Collar, C.1996. Antistaling Additives, Flour Type and Sourdough Process Effects on Functionality of Wheat Doughs. Journal of food science, 61(2):299-303.

Archive of SID

www.SID.ir

Bloksma, A. H. 1975. Thiol and disulfide groups in dough rheology. Journal of Cereal Chemistry, 52:170-183.
Campbell, G. M., Herrero-Sanchez, R., Payo-Rodriguez, R and Merchan, M. L. 2001. Measurement of dynamic dough density and the effect of surfactants and flour type on aeration during mixing and gas retention during proofing. Journal of Cereal Chemistry, 78:272–277.
Chin, N. L and Campbell, G. M. 2005. Dough aeration and rheology: Part 2. Effects of flour type, mixing speed and total work input on aeration and rheology of bread dough. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85:2194–2202.
Collar, C and Armero, E. 1996. Physico-chemical mechanisms of bread staling during storage: Formulated doughs as a technological issue for improvement of bread functionality, Recent Research Developments in Nutrition: 115–143.
Danno, G and Hoseney, R. C. 1982. Effects of dough mixing and rheologically active compounds on relative viscosity of wheat proteins. Journal of Cereal Chemistry, 59:196-198.
Dreese PC, Faubion, J. M., Hoseney, R. C. 1988. Dynamic rheological properties of flour, Gluten-starch doughs. 1. Temperature-dependent changes during heating. Journal of Cereal Chem 65: 348–353.
Faubion, J. M and R.C. Hoseney.1997. The viscoelastic properties of wheat flour doughs. In: Faridi, H. and J.M. Faubion (eds.), Dough Rheology and Baked Product Texture: 29–63.
Finney, K. F., Jones, B. L and Shogren, M. D. 1982. Functional (bread-making) properties of wheat protein fractions obtained by ultracentrifugation. Journal of cereal chemistry, 59: 449.
Grosch,W and Wieser, H. 1999. Redox reactions in wheat dough as affected by ascorbic acid. Journal of Cereal Science, 29:1–16.
Hamer, R. J. and Lichtendonk, W. J. 1987. Structure-function studies on gluten proteins. Reassembly of glutenin proteins after mixing. In Proceedings of the 3rd International Workshop on Gluten Proteins' (R. La ´sztity and F. Be ´s. ´ke eds), World Scientific Publishers, Singapore, 227–237.
Hoseney, R. C and Rogers, D. E. 1990. The formation and properties of wheat flour doughs. Journal of Critical Reviwe of Food Science Nutrition, 29, 74-93.
Hoseney, R. C and Rogers, D. E. 1990. The formation and properties of wheat flour doughs. Journal of Critical Reviwe of Food Science Nutrition, 29, 74-93.
Kim, Y. R and Cornillon, P. 2001. Effects of Temperature and Mixing Time on Molecular Mobility in Wheat Dough. Journal of Lebensm.-Wiss. u.-Technol, 34: 417-423.
Maleki, M., Vetter, J. L., and Hoover, W.J. 1981. The Effect of Emulsifiers, Sugar, Shortening and Soya Flour on the Staling of Barbari Flat Bread. Journal of science food agriculture, 32:1209-1211.
Mani, K., Eliasson, A., Lindah, L and Trägårdh, C. H. 1992. Rheological properties and breadmaking quality of wheat flour doughs made with different dough mixers. Journal of Cereal Chemistry, 69: 222–225.
Manohar, R. S and Haridas, P. R. 1997. Effect of Mixing Period and Additives on the Rheological Characteristics of Dough and Quality of Biscuits. Journal of Cereal Science, 25: 197–206.
Martin DJ, Stewart BG. Journal of Cereal Foods World 36: 502–504.
Muller, H. G. 1975. Rheology and the conventional bread and biscuit making process. Journal of Cereal Chemistry, 52(3, II):89r.
Navickis, L. L., Anderson, R. A., Bagley, E. B., and Jasberg, B. G. 1982. Viscoelastic properties of wheat flour doughs: Variation of dynamic moduli with water and protein content. J. Texture Stud. 13:249-264.
Peighambardoust, S.H., van Brenk, S., van der Goot, A.J., Hamer, R.J and Boom, R.M. 2007. Dough processing in a Couette-type device with varying eccentricity: effect on glutenin macro-polymer properties and dough micro-structure. Journal of Cereal Science, 45(1):34-48.
Peighambardoust, S.H., van der Goot, A.J., Hamer, R.J and Boom, R.M. 2005. Effect of simple shear on the physical properties of glutenin macro-polymer (GMP), Journal of Cereal Science, 42(1): 59-68.
Peighambardoust, S.H., van der Goot, A.J., van Vliet, T., Hamer, R.J and Boom, R.M. 2006. Microstructure formation and rheological behaviour of dough under simple shear flow. Journal of Cereal Science, 43(2): 183-197
Saunders, S. R., Hamann, D. D. and Lineback, D. R. 1992. A systems approach to food material adhesion. Journal of Lebensm Wiss u Technology, 25:309-315.
Szczeniak, A. S. 1963. Classification of textural characteristics. Journal of food science, 28: 385-389.
Wang, G. I. J., Faubion, J.M., Hoseney, R. C.1992. Studies of the breakdown and reformation of SDS insoluble glutenin proteins with dough mixing and resting. Journal of Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 25: 228–231.
Weegels, p. L., Hamer, R. J and Schofield, J. D. 1997. Depolymerisation and Re-polymerisation of Wheat Glutenin During Dough Processing. II. Changes in Composition. Journal of Cereal Science, 25:155–163.
Weegels, p. L., Hamer, R. J and Schofield, J. D. 1997. Depolymerisation and Re-polymerisation of Wheat Glutenin During Dough Processing. II. Changes in Composition. Journal of Cereal Science, 25:155–163.
Weegels, p. L., Hamer, R. J and Schofield, J. D. 1997. Depolymerisation and Re-polymerisation of Wheat Glutenin During Dough Processing. II. Changes in Composition. Journal of Cereal Science, 25:155–163.
Weipert, D. 1987. The Benefits of Basic Rheometry in Studying Dough Rheology. Journal of cereal chemistry, 67(4): 311-317.

Archive of SID

www.SID.ir