بهینه سازی شرایط استفاده از آنزیم‌های پروتئاز و همی سلولاز در فرمولاسیون نان ویفر

ونوشه بابایی نامی[a]، بابک غیاثی طرزی[b*]، پرویز شهبازی خواه[c]، هاله حدائق[d]

[a] کارشناس ارشد مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران
[b] استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، ایران
[c] استادیار دانشگاه شهید بهشتی، انستیتو تحقیقات تغذیه و صنایع غذایی، گروه صنایع غذایی، تهران، ایران
[d] دانشجوی دکتری مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۹/۱۰

چکیده

مقدمه: با توجه به مسائل اقتصادی در راستای کاهش هزینه‌های تولید، تقاضای تولیدکنندگان در رابطه با کاهش انرژی مصرفی، کاهش قیمت تمام شده، تسریع فرایند و همچنین بهبود کیفیت محصول نهایی در تولید محصولاتی نظیر نان ویفر افزایش یافته است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق اثر استفاده از مقادیر مختلف آنزیم‌های پروتئاز (۰/۰۵–۰/۰۰۵ درصد وزنی آرد) و همی‌سلولاز (۰/۰۵–۰/۰۰۵ درصد وزنی آرد)، کاهش آب مصرفی فرمولاسیون (۲۰–۰ درصد)، زمان استراحت‌دهی خمیر (۳۰–۰ دقیقه) و زمان پخت (۱۵۰–۹۰ ثانیه) بر روی کاهش ویسکوزیته خمیر و برخی ویژگی‌های کیفی نان ویفر نظیر رطوبت، تردی و رنگ مورد بررسی قرار گرفت و بهینه سازی شرایط فرایند جهت تعیین فرمولاسیون بهینه تولید نان ویفر با استفاده از روش رویه پاسخ صورت پذیرفت.

یافته‌ها: نتایج آزمون‌ها حاکی از آن بودند که اگرچه در محدوده‌های تعیین شده توسط پیش آزمون، تاثیر میزان همی‌سلولاز بر ویسکوزیته معنی‌دار ($P\leq0.05$) نمی‌باشد ولی کاهش میزان آب، افزایش میزان پروتئاز و زمان استراحت‌دهی، باعث کاهش ویسکوزیته خمیرمی‌شوند ضمن اینکه تردی و رطوبت محصول نهایی به طور معنی‌داری تحت تاثیر تمامی فاکتورهای مورد بررسی قرار دارند. رنگ نان‌های ویفر تحت تاثیر میزان دو آنزیم پروتئاز و همی‌سلولاز نبوده اما به طور معنی‌داری تحت تاثیر سایرفاکتورهای مورد بررسی قرار دارد. با تحلیل‌های انجام شده توسط مدل آماری رویه پاسخ، مقادیر بهینه آنزیم‌های پروتئاز و همی‌سلولاز، کاهش آب فرمولاسیون، زمان استراحت‌دهی خمیر و زمان پخت به ترتیب ۰/۰۵ درصد، ۰/۰۵ درصد، ۹/۵۸ درصد، ۳۰ دقیقه و ۱۳۵/۱۷ ثانیه تعیین گردیدند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق استفاده از آنزیم‌های پروتئاز و همی‌سلولازدر فرمولاسیون می‌تواند بر ویسکوزیته خمیر و برخی ویژگی‌های کیفی نان ویفر نظیر رطوبت و تردی نان اثرگذار باشد. لذا با استفاده از مقادیر بهینه آنزیم پروتئاز و همی‌سلولاز می‌توان اقدام به تولید نان ویفری نمود که علاوه بر دارا بودن ویژگی‌های کیفی مناسب، برای تولیدکننده نیز دارای صرفه اقتصادی باشد.

واژه‌های کلیدی: *بهینه‌سازی، پروتئاز، مدل آماری رویه پاسخ، نان ویفر، همی‌سلولاز*

[*] نویسنده مسئول مکاتبات email: babakghiassi@Hotmail.com

jfn.srbiau.ac.ir

مقدمه

ویفر نوعی بیسکوییت ساندویچی، با بافتی ترد و شکننده است که دارای انواع مختلفی بوده و اغلب از پخت خمیری روان و سیال بین دو صفحه فلزی داغ تهیه می‌شود و شامل دو قسمت نان و مغزی می‌باشد (پایان، ۱۳۸۷). مواد عمده تشکیل دهنده نان ویفر، آرد و آب می‌باشد (Manley, 2000; Dogan, 2006). برخلاف نان، آرد ویفر را بیشتر از گندم‌های ضعیف و کم پروتئین تولید می‌نمایند؛ زیرا هرچه گندم سخت‌تر باشد هنگام اختلاط آب با آرد، شبکه گلوتنی قوی‌تری تشکیل می‌گردد که می‌تواند به دلیل مسدود کردن نازل‌ها و الک‌ها در سیستم پخش خمیر، منجر به وقفه در کار ماشین‌آلات و همچنین پخش غیریکنواخت خمیر بر روی صفحات پخت و ایجاد ورقه‌هایی با بافت و رنگ غیریکنواخت شود (Ged and Sarabijit, 1995; Cauvain and Young, 2001). از طرفی پایین آوردن محتوی پروتئینی آرد در خمیر، ممکن است بر روی استحکام ورقه‌های ویفر تأثیر بگذارد و سبب تولید ورقه‌های ویفر بیش از حد شکننده گردد (پایان، ۱۳۸۷). لذا در این رابطه می‌توان با استفاده از آنزیم پروتئاز[1] در فرمولاسیون به منظور هیدرولیز پیوندهای پپتیدی موجود در گلوتن گندم، از تشکیل توده شبکه گلوتن در خمیر جلوگیری نمود، بعلاوه در همین راستا، می‌توان از آردهای با محتوی پروتئینی بالاتری نیز بهره برد(Tucker and Woods, 1991; Aehle, 2007). فرمولاسیون ویفر می‌بایست دارای مقدار کافی آب، جهت دستیابی به ویسکوزیته مناسب برای پخت خمیر باشد (Manley, 1998 ; Manley, 2000). از طرفی هر چه رطوبت کلی ورقه‌های ویفر بیشتر باشد منجر به ترک خوردگی و تاب برداشتن سطح ورقه‌ها بعد از کرم‌زنی محصول می‌شود (Navaret, 2004). به همین منظور می‌توان از همی‌سلولاز[2] نیز جهت هیدرولیز اتصالات پنتوزان‌های موجود در آرد استفاده نمود. این آنزیم، ظرفیت اتصال آب پنتوزان‌های آرد گندم را کاهش می‌دهد (Law and Whitehurst, 2002; Tucker and Woods, 1991). در نتیجه، آب می‌تواند میان سایر مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون پخش شده و ویسکوزیته خمیر را کاهش دهد. در همین راستا، به دلیل کاهش ویسکوزیته، میزان آب مصرفی در فرمولاسیون، زمان پخت و در نهایت انرژی مصرفی کاهش یافته و بازدهی محصول افزایش می‌یابد (Hansen *et al*., 2008; Popper, 2004).

در تحقیق انجام شده توسط Haarasilta و همکاران در سال ۱۹۹۳ روشی برای تولید محصولاتی نظیر بیسکوییت و نان سوخاری ارائه شد، بدین ترتیب که با اضافه کردن همی‌سلولاز و سلولاز و کاهش ۱۵ درصد آب مصرفی فرمولاسیون محصولاتی با ویژگی‌های کیفی مناسب تولید گردید و همچنین با کاهش زمان پخت، بازدهی محصول افزایش پیدا کرد (Haarasilta *et al*., 1993).

Slade و همکاران در سال ۱۹۹۴ روشی برای تولید محصولات خشک نظیر کراکر و یک نوع شیرینی ترد با درصد رطوبت پائین ارائه دادند. این محصولات در معرض عمل‌آوری آنزیمی توسط یک ترکیب آنزیمی شامل پنتوزانازها و بتاگلوکانازها قرار داده شدند تا در واقع میزان همی‌سلولز محلول در آب این مواد که شامل پنتوزان‌ها و یا بتاگلوکان‌های محلول در آب می‌باشند کاهش پیدا کند. در نهایت کراکرهایی با رطوبت وزنی حدود ۴٪ و شیرینی‌هایی با رطوبت وزنی حدود ۳٪ به دست آمدند (Slade *et al*., 1994). گزارشی در خصوص اثر مثبت پروتئازها و همی‌سلولازها در خمیر نان ویفر توسط Popper, در سال ۲۰۰۴ ارائه شده است. در تحقیق ایشان از آرد استاندارد نانوایی استفاده شد و برای بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر از آمیلوگراف برابندراستفاده گردید. نتایج حاکی از آن بود که استفاده از این دو آنزیم، باعث افت شدید ویسکوزیته خمیر می‌گردد (Popper, 2004). در سال ۲۰۰۶ روشی برای اصلاح نشاسته در نان ویفر بدون افزایش ویسکوزیته و چسبندگی خمیر و در نهایت بهبود بافت از طریق استفاده از آلفاآمیلاز، ابداع گردید. در این روش، خمیر حاوی مخلوطی از آنزیم‌های پروتئاز و پنتوزاناز به مدت ۳۰ دقیقه عمل‌آوری شد. یک دقیقه قبل از پخت، مقادیر مختلفی از آنزیم آلفاآمیلاز اضافه گردید. در ادامه نمونه دیگری از خمیر همانند فرمولاسیون قبلی، بدون پروتئاز و پنتوزاناز تهیه گردید. نتایج حاصل از آزمون اول، افزایش استحکام و تردی، احساس دهانی بهتر و خواص بافتی مطلوب‌تری را

[1] Protease

[2] Hemicellulase

ifn.srbiau.ac.ir

به همراه داشت. و در آزمایش دوم، افزایش چشمگیری در سفتی محصول گزارش گردید؛ اما در رابطه با تردی، مشابه نمونه‌های شاهد بدون آلفا آمیلاز بود (Nicolas and Hansen, 2006). در خصوص اثر جایگزینی جزئی آرد گندم با منابع مختلف فیبر رژیمی به میزان ۳۰-۰٪ وزن آرد، بدون استفاده از آنزیم همی‌سلولاز وبا استفاده از آنزیم همی‌سلولاز به میزان ۰/۴٪ وزن آردبر ویژگی‌های کیفی نوعی شیرینی سیم‌بر[1] نیز تحقیقی انجام گرفته است. استفاده از این آنزیم باعث افزایش نسبت پخش‌شدگی شیرینی شد و بطور قابل ملاحظه‌ای نرمی را افزایش داد (Uysal *et al*., 2007).همچنین استفاده از پروتئاز و همی‌سلولاز در خمیر نان به عنوان بهبود دهنده در بسیاری از تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته است (Dagdelen and Gosmen, 2007; Keskin *et al*., 2004; Haarasilta *et al*., 1991).

از آنجا که از نظر اقتصادی، کاهش آب فرمولاسیون نان ویفر از طریق کاهش مصرف انرژی و بازدهی بیشتر، برای تولیدکنندگان مقرون به صرفه بوده و علاوه بر این کیفیت آردهای ورودی به کارخانجات یکسان نمی‌باشد لذا در این تحقیق تولید نان ویفر مسطح با استفاده از دو آنزیم پروتئاز و همی‌سلولاز با هدف کاهش آب مصرفی فرمولاسیون، وابستگی کمتر تولید به نوع آرد و حفظ کیفیت و دستیابی به فرمولاسیون بهینه در این راستا مورد بررسی قرار گرفت.

مواد وروش ها

- مواد

در این تحقیق از آنزیم پروتئاز قارچی(*Aspergillus oryzae*) با فعالیت آنزیمی ۱۵۰۰۰PU/gr و آنزیم همی‌سلولاز قارچی(*Aspergillus oryzae*) با فعالیت آنزیمی ۱۲۷۵۰ HXU/gr تهیه شده از شرکت ″ کیمیا آنزیم″ استفاده گردید. در این تحقیق از آرد نول جهت انجام آزمون‌ها استفاده شد. اندازه‌گیری ویسکوزیته خمیر نان‌های ویفر با استفاده از دستگاه رئومتر Anton Paar مدل MCR 301 ساخت آلمان انجام شد. ویسکوزیته با استفاده از آزمون روبش فرکانس[2] (در محدوده ۰/۰۱ تا ۲۰ هرتز) در کرنش[3] ثابت ۰/۰۲۵ درصد و دمای ۲۵°C اندازه‌گیری شد. ویسکوزیته همه نمونه‌ها در فرکانس ۱Hz در نظر گرفته شد. رطوبت نان‌ها با استفاده از روش AACC به شماره ۱۶-۴۴ اندازه گیری شد. جهت بررسی رنگ نان ویفر از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب مدل Hunter Lab Color Flex استفاده گردید.در این تحقیق، میزان سفیدی رنگ نان‌های ویفر توسط اندیس سفیدی[4] طبق رابطه ۱ محاسبه گردیدبدین ترتیب که هرچه WI بیشتر شود رنگ نان سفیدتر می‌باشد (Barbosa and Gould, 2000). تردی نان‌های ویفر توسط دستگاه بافت‌سنج Testometric مدل M350 – 10 CT ساخت کشور انگلستان و با آزمون خمش سه نقطه‌ای[5] ارزیابی شد. در این آزمون load cell، ۵۰ نیوتن، سرعت حرکت پروب ۱ میلی‌متر در ثانیه و فاصله دو پایه نگهدارنده بر روی ۱۲ میلی‌متر تنظیم گشت (Sahin and Sumnu, 2006).

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \quad (۱)$$

که در آن:

WI=اندیس سفیدی

L، a و b = فاکتورهای رنگ‌سنج هانترلب

- روش تهیه نان ویفر

کلیه مراحل تولید نان ویفر در مقیاس پایلوت انجام گردید. فرمولاسیون نان ویفر شامل آرد(۱۰۰ قسمت)، آب (۱۴۵قسمت)، روغن (۱/۷۵ قسمت)، لستین (۰/۲۵ قسمت)، بی‌کربنات سدیم (۰/۷۵قسمت) و بی‌کربنات سدیم (۱/۱ قسمت) بود که از طریق روش اختلاط هم‌زمان در میکسر پایلوت به مدت ۵ دقیقه و با سرعت ۹۵۰ دور در دقیقه مخلوط گردیدند. طبق مدل آماری روش رویه پاسخ، پیش آزمون‌ها انجام شدند و بر این اساس محدوده متغیرهای تحت بررسی یعنی‌میزان آنزیم پروتئاز بین ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۵ درصد، میزان آنزیم همی‌سلولاز بین ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۵ درصد، کاهش آب فرمولاسیون بین ۰ تا ۲۰ درصد، مدت زمان استراحت‌دهی خمیر بین ۰ تا ۳۰ دقیقه و مدت زمان پخت بین ۹۰ تا ۱۵۰ ثانیه تعیین گردیدند. پس از زمان

[1] Wirecut [2] Frecuency Sweep [3] Strain [4] Whiteness Index [5] Three – Point Bending Test

jfn.srbiau.ac.ir

استراحت‌دهی تعیین شده طبق هر فرمول، خمیر در دستگاه پخت ویفر آماده گردید. فر پخت مورد استفاده در این تحقیق از دو صفحه فلزی به طول۲۶cm و عرض۲۱ cm تشکیل شده بود که حرارت صفحات آن بر روی۲۳۰ درجه سانتیگراد تنظیم گردیده بود. ۶۷ گرم از خمیر بر روی صفحه پایینی این دستگاه پخش شد و پس از جفت شدن هر دو صفحه بر روی یکدیگر، بسته به مدت زمان‌های تعیین شده در فرمول‌های مختلف،عملیات پخت انجام شد. پس از خروج ورقه‌های ویفر از دستگاه پخت، به منظور خنک کردن و هم‌دما شدن نان‌ها با دمای محیط، ورق‌های ویفر حدود ۲ دقیقه در دمای محیط قرار داده شدند. سپس نان های ویفر، داخل کیسه‌هایپلی اتیلنی زیپ‌دار تا زمان انجام آزمون‌های بعدی بسته‌بندی گشتند.

- **تجزیه و تحلیل آماری**

تحلیل نتایج آزمون‌ها و تعیین فرمولاسیون بهینه جهت تولید نان ویفر توسط مدل آماریروش رویه پاسخ[1] و طرح CCD[2] و از طریق نرم‌افزار آماریDesign Expert محصول شرکتStat – Ease ویرایش 8.0.2.0 انجام شد.

یافته‌ها

نتیجه آزمون‌های انجام گرفته بر نمونه آرد مورد استفاده در تحقیق در جدول ۱ و نتایج حاصل از آزمون‌های انجام گرفته بر روی نان‌های ویفر در جدول ۲ نشان داده شده است. اعداد پنج ستون اول جدول ۲ که نشانگر میزان افزودن آنزیم پروتئاز و همی‌سلولاز، میزان کاهش آب، مدت زمان استراحت‌دهی و مدت زمان پخت می‌باشند، توسط نرم‌افزار آماری و با توجه به پیش آزمون های انجام شده تعیین شدند، بدین معنی که ۴۹ آزمون با فاکتورهای از پیش تعیین شده بر اساس مدل آماری، توسط نرم افزارمورد استفاده طراحی گردید و نتایج پاسخ‌های مختلف یعنی ویسکوزیته خمیر، تردی بافت، رنگ نان و رطوبت نان تولیدی که بعنوان شاخص‌های کیفی تعیین شده بودند پس از آزمون در شرایط معین بدست آورده شدند. از آنجا که هرچه خمیر ویفر ویسکوزیته کمتر داشته و نان ویفر دارای محتوی رطوبتی کمتر،رنگی سفیدتر و تردی بیشتر (تا حد استاندارد) باشد مرغوب‌تر به شمار می‌رود، لذا از تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده با استفاده از روابط آماری و رویه‌های پاسخ و با در نظر گرفتن مشخصات یک نان ویفر مرغوب، مناسب‌ترین شرایط جهت به دست آوردن محصولی با مشخصات فوق (میزان آنزیم پروتئاز: ۰/۰۵ درصد، میزان آنزیم همی‌سلولاز: ۰/۰۵ درصد، کاهش آب فرمولاسیون: ۹/۵۸ درصد، زمان استراحت‌دهی خمیر: ۳۰ دقیقه و زمان پخت خمیر: ۱۳۵/۱۷ ثانیه) به‌دست آورده شد که درجه مطلوبیت[3] آن در نمودار ۱ آورده شده است.

بحث

تحلیل‌های آماری نشان دادند ویسکوزیته خمیر تحت تاثیر آنزیم همی‌سلولاز نمی باشد؛ حال‌آنکه تأثیر متغیرهای آنزیم پروتئاز، کاهش آب و زمان استراحت‌دهی خمیر بر روی ویسکوزیته معنی‌دار است ($P\leq0/05$). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می شود، ویسکوزیته خمیر با افزایش میزان آنزیم پروتئاز و آب کاهش می‌یابد چراکه با افزایش پروتئاز، شبکه گلوتنی بیشتری تخریب شده و روان شدن خمیر را به همراه داشته است. همچنین با افزایش آب در فرمولاسیون، خمیر نرم‌تر و شل‌تر شده است (Tucker and Woods, 1991; Manley, 2000). این نتایج با یافته‌های به دست آمده توسط Popper همخوانی دارد (Popper, 2004).

تردی نان‌های ویفر به‌طور معنی‌داری($P\leq0/05$) تحت تاثیر کلیه فاکتورها قرار دارد. با توجه به شکل ۲، میزان پروتئاز در غلظت‌های پایین همی‌سلولاز تأثیر چندانی بر تردی محصول ندارد اما در غلظت‌های بالای همی‌سلولاز، با کاهش پروتئاز از میزان نیروی لازم جهت شکستن ورقه‌ها کم می‌شود (افزایش تردی). تردی ورقه‌های ویفر با کاهش آب تا حدود ۱۴ درصد و افزایش زمان پخت کاهش می‌یابد (شکل ۳). دلیل این امر اینست که با افزایش زمان پخت، آب بیشتری از محصول خارج شده و با کاهش رطوبت، بافت تردتر شده است (Dogan, 2006). آزمون نیکویی برازش نیز با ۹۹ درصد اطمینان این مدل درجه دوم را تأیید می‌نماید.

[1] Response Surface Methodology
[2] Central Composite Design
[3] Desirability

ifn.srbiau.ac.ir

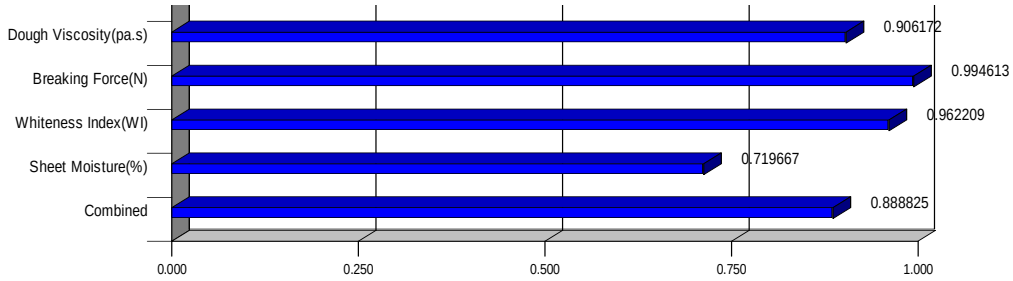
جدول ۱- نتیجه آزمون‌های انجام گرفته بر روی نمونه آرد مورد استفاده در تحقیق

آزمون‌ها	مقادیر گزارش شده
رطوبت	۱۲/۷۲ (درصد)
خاکستر	۰/۵ (درصد در ماده خشک)
پروتئین	۱۱/۵ (درصد در ماده خشک)
گلوتن مرطوب	۲۵ (درصد)

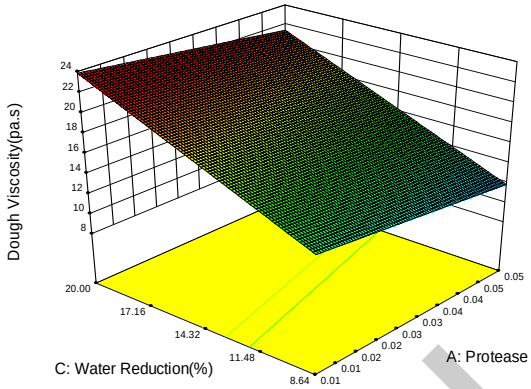
جدول ۲- نتایج حاصل از انجام آزمون‌های طراحی شده توسط مدل آماری

شماره آزمون	فاکتور ۱ آنزیم پروتئاز (٪)	فاکتور ۲ آنزیم همی‌سلولاز (٪)	فاکتور ۳ کاهش آب (٪)	فاکتور ٤ زمان استراحت‌دهی خمیر(min)	فاکتور٥ زمان پخت (S)	پاسخ ۱ ویسکوزیته خمیر (Pas.s)	پاسخ ۲ تردی بافت (N)	پاسخ ۳ رنگ نان (WI)	پاسخ ٤ رطوبت نان (٪)
۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۱۵/۳۶	۱۲/۹۵	۱۱۵/۹۱	۱۶/۶	۵/۲۴	۵۷/۹۶	۱۹/۸۷
۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۵	۵/۰۷	۵۵/۳۵	۱۲/۳۶۴
۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۱۵/۳۶	۱۲/۹۵	۱۳۶	۱۹/۲	۴/۹	۵۵/۰۵	۱۳/۰۸۵
٤	۰/۰۲	۰/۰۲	۱۵/۳۶	۲۳	۱۱۵/۹۱	۱۶/۵	۵/۸۴	۵۵/۳۹	۱۴/۵۶۲
٥	۰/۰۲	۰/۰۴	۱۵/۳۶	۲۳	۱۳۶	۱۷/۹	۳/۹	۵۳/۴۸	۱۱/۸۹۸
٦	۰/۰۲	۰/۰۴	۱۵/۳۶	۲۳	۱۱۵/۹۱	۲۰/۶	۴/۵۸	۵۶/۵۴	۱۴/۵۵۶
۷	۰/۰۴	۰/۰۲	۱۵/۳۶	۱۲/۹۵	۱۳۶	۲۰/۳	۴/۸۱	۵۳/۷۵	۱۴/۷۹۲
۸	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۵۰	۱۶/۵	۴/۱۴	۵۳/۶۱	۱۱/۵۰۸
۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۶/۶	۴/۲۴	۵۵/۷۱	۱۴/۸۸۹
۱۰	۰/۰۱	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۶/۸	۴/۵۴	۵۷/۴۴	۱۲/۰۲۸
۱۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۵/۱	۴/۷۹	۵۶/۷۱	۱۵/۳۱۴
۱۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۸/۶۴	۲۳	۱۳۶	۱۵/۵	۵/۳۲	۵۴/۶۳	۱۲/۷۹۷
۱۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۵	۴/۶۱	۵۶/۱۳	۱۴/۸۳۴
۱٤	۰/۰۲	۰/۰۴	۸/۶۴	۱۲/۹۵	۱۱۵/۹۱	۱۴/۱	۵/۴	۵۷/۲۴	۱۵/۳۶۹
۱۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۸/۶۴	۱۲/۹۵	۱۳۶	۱۲/۸	۴	۵۶	۱۴/۲۴۴
۱٦	۰/۰۲	۰/۰۲	۱۵/۳۶	۱۲/۹۵	۱۳۶	۲۰/۸	۴/۶۴	۵۴/۶۹	۱۵/۲۴۶
۱۷	۰/۰۲	۰/۰۴	۱۵/۳۶	۱۲/۹۵	۱۱۵/۹۱	۲۰/۳	۴/۶۸	۵۶/۱۶	۱۳/۵۸۱
۱۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۸/۶۴	۱۲/۹۵	۱۳۶	۱۶	۴/۶۳	۵۴/۲۴	۱۵/۴۵۱
۱۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۴/۶	۵/۱۷	۵۶/۳۲	۱۵/۵۸۸
۲۰	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۶	۱۲۶	۱۴/۴	۵/۳۳	۵۷/۵۸	۱۳/۵۳
۲۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۸/۶۴	۲۳	۱۳۶	۱۲/۹	۴/۶۴	۵۵	۱۳/۶۹۳
۲۲	۰/۰۳	۰/۰۵	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۵/۴	۴/۸۷	۵۵/۶۷	۱۵/۹۴۹
۲۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۱۵/۳۶	۱۲/۹۵	۱۱۵/۹۱	۲۰/۳	۴/۶۸	۵۷/۷۲	۱۴/۲۲۴
۲٤	۰/۰۳	۰/۰۳	۲۰	۱۸	۱۲۶	۲۲/۲	۴/۶۳	۵۵/۸۴	۱۵/۴۲۹
۲۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۸/۶۴	۲۳	۱۱۵/۹۱	۱۴/۲	۴/۹۹	۵۷/۲۵	۱۷/۳۶۹
۲٦	۰/۰۲	۰/۰۴	۸/۶۴	۱۲/۹۵	۱۳۶	۱۷	۴/۷۷	۵۳/۷۱	۱۴/۱۵۳
۲۷	۰/۰۴	۰/۰۴	۸/۶۴	۱۲/۹۵	۱۱۵/۹۱	۱۱/۶	۱۵/۶	۵۷/۹۶	۱۹/۰۹۳
۲۸	۰/۰۳	۰/۰۳	۴	۱۸	۱۲۶	۹/۷۴	۴/۷۹	۵۸	۱۸/۰۸۹
۲۹	۰/۰۵	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۵/۱	۴/۶۹	۵۶/۸۵	۱۶/۴۰۹
۳۰	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۷	۵/۰۲	۵۶/۱۶	۱۶/۶۷۴
۳۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۱۵/۳۶	۱۲/۹۵	۱۱۵/۹۱	۲۰/۲	۵/۴۲	۵۷/۲۱	۲۰/۴۹۵
۳۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۸/۶۴	۱۲/۹۵	۱۳۶	۱۲/۸	۵/۱۵	۵۷/۰۵	۱۶/۳۰۷
۳۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۱۵/۳۶	۱۲/۹۵	۱۳۶	۱۸/۸	۴/۶۵	۵۵/۲۷	۱۵/۷۷۴
۳٤	۰/۰۴	۰/۰۴	۱۵/۳۶	۲۳	۱۳۶	۱۶/۴	۴/۴	۵۵/۰۲	۱۵/۹۰۱
۳۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۱۵/۳۶	۲۳	۱۱۵/۹۱	۱۶/۷	۵/۴۱	۵۶/۷۹	۱۴/۵۱۲
۳٦	۰/۰۴	۰/۰۲	۱۵/۳۶	۲۳	۱۳۶	۱۷/۳	۴/۳۴	۵۶/۵	۱۲/۴۳۸
۳۷	۰/۰۴	۰/۰۲	۱۵/۳۶	۲۳	۱۱۵/۹۱	۱۷/۸	۵/۱۲	۵۷/۷۷	۱۴/۵۰۱
۳۸	۰/۰۴	۰/۰۴	۸/۶۴	۲۳	۱۱۵/۹۱	۱۱/۳	۵/۲۳	۵۷/۰۶	۱۵/۳۵۸
۳۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۸/۶۴	۱۲/۹۵	۱۱۵/۹۱	۱۱/۲	۵/۰۱	۵۸/۹۶	۱۵/۹۴۴
٤۰	۰/۰۲	۰/۰۴	۸/۶۴	۲۳	۱۱۵/۹۱	۱۰/۹	۵/۰۲	۵۷/۵۸	۱۵/۷۱۷
٤۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۸/۶۴	۲۳	۱۳۶	۱۰/۵	۴/۶۵	۵۵/۶۲	۱۱/۴۶۵
٤۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۲۶	۱۴/۴	۴/۸۳	۵۶/۹۷	۱۴/۸۵۵
٤۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۱۸	۱۰۲	۱۶/۳	۵/۵۲	۵۸/۳۶	۱۵/۸۹۹
٤٤	۰/۰۲	۰/۰۴	۸/۶۴	۲۳	۱۳۶	۱۰/۹	۴/۸۹	۵۵/۸۴	۱۳/۹
٤۵	۰/۰۴	۰/۰۲	۸/۶۴	۲۳	۱۱۵/۹۱	۱۱/۲	۵/۵۸	۵۷/۷۹	۱۶/۰۱۶
٤٦	۰/۰۲	۰/۰۲	۱۵/۳۶	۲۳	۱۳۶	۱۷/۵	۴/۶۱	۵۴/۴۸	۱۷/۵۴۴
٤۷	۰/۰۳	۰/۰۳	۱۲	۳۰	۱۲۶	۱۲/۴	۵/۱۲	۵۵/۰۵	۱۴/۳۳۸
٤۸	۰/۰۴	۰/۰۲	۸/۶۴	۱۲/۹۵	۱۱۵/۹۱	۱۲/۳	۵/۰۵	۵۸/۸۵	۱۴/۸۲۵
٤۹	–	–	–	–	۱۵۰	۱۱	۵/۷۲	۶۱/۸۵	۱۶/۷۲۴

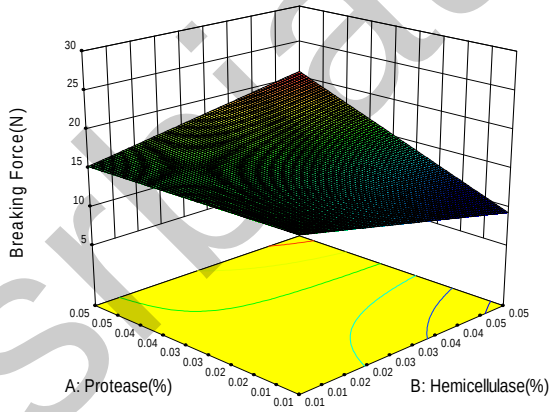
ifn.sbiau.ac.ir



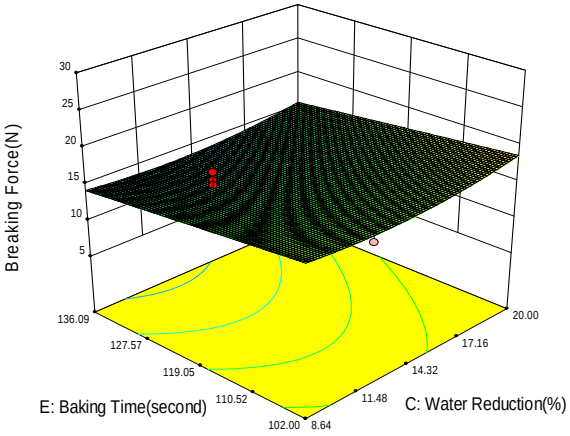
نمودار ۱- میزان مطلوبیت هریک از پاسخ‌ها در مدل پیشنهادی



شکل ۱-منحنی سه بعدی تراز رویه پاسخ تاثیر پروتئاز و کاهش آب بر ویسکوزیته خمیر ویفر

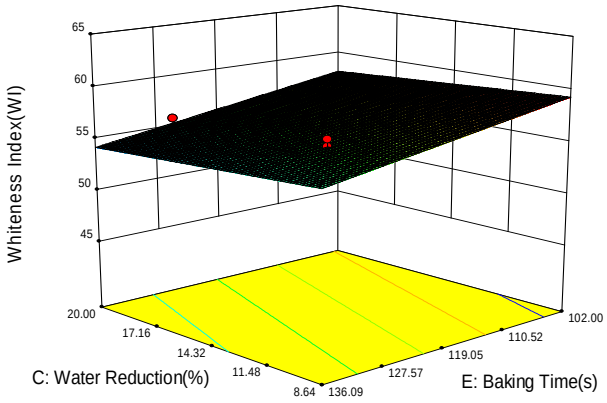


شکل ۲- منحنی سه بعدی تراز رویه پاسخ تاثیر پروتئاز و همی‌سلولاز برتردی ویفر

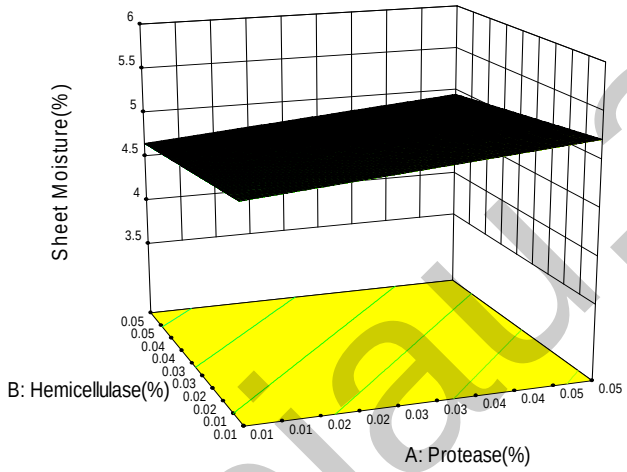


شکل ۳- منحنی سه بعدی تراز رویه پاسخ تاثیرکاهش آب و زمان پخت بر تردی ویفر

jftn.srbiau.ac.ir



شکل ٤- منحنی سه بعدی تراز رویه پاسخ تاثیرکاهش آب و زمان پخت بر سفیدی نان ویفر



شکل ٥- منحنی سه بعدی تراز رویه پاسخ تاثیر پروتئاز و همی‌سلولاز بر محتوی رطوبت نان ویفر

رنگ نان‌های ویفر به طور معنی‌داری تحت تأثیر فاکتورهای کاهش آب، زمان پخت و زمان استراحت‌دهی خمیر می‌باشد ($P\leq0/05$). ولی این پاسخ تحت تأثیر میزان دو آنزیم پروتئاز و همی‌سلولاز نمی‌باشد. همان‌گونه که شکل ۴ نشان می‌دهد با کاهش آب و افزایش زمان پخت، اندیس سفیدی کاهش می‌یابد. شاید دلیل تیره شدن رنگ نان‌ها به علت واکنش‌های میلاردبا کاهش آب و افزایش زمان پخت، باشد (Dogan, 2006).

بر اساس تحلیل‌های آماری، تأثیر فاکتورهای زمان پخت و زمان استراحت‌دهی خمیر بر رطوبت نهایی محصول معنی‌دار می‌باشد ($P\leq0/05$). با افزایش همی‌سلولاز و کاهش پروتئاز، رطوبت ورق‌های ویفر کاهش می‌یابد. علت این کاهش را شاید بتوان این‌گونه توجیه کرد که با افزایش همی‌سلولاز آب بیشتری در خمیر آزاد می‌شود که در حین پخت، این آب تبخیر شده و رطوبت ورق‌ها کاهش می‌یابد (شکل ۵).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، استفاده از آنزیم‌های پروتئاز و همی‌سلولاز به عنوان بخشی از فرمولاسیون می‌تواند بر ویژگی‌های کیفی نان ویفر نظیر ویسکوزیته خمیر، رطوبت و بافت محصول نهایی اثرگذار باشد. با در نظر گرفتن مشخصات یک نان ویفر مرغوب، مناسب‌ترین شرایط جهت به دست آوردن نان ویفری که علاوه بر دارا بودن ویژگی‌های کیفی مناسب، برای تولیدکننده نیز قیمت تمام شده پایین‌تری داشته، مقرون به صرفه بوده و هنگام فرآوری ضایعات کمتری داشته باشد استفاده از آنزیم پروتئاز وهمی‌سلولاز هرکدام به میزان ۰/۰۵ درصد، کاهش آب فرمولاسیون به میزان ۹/۵۸ درصد، زمان استراحت‌دهی خمیر به مدت ۳۰ دقیقه و زمان پخت خمیر به مدت ۱۳۵/۱۷ ثانیه توصیه می‌شود که بدین ترتیب می‌توان با توجه به متغیر بودن کیفیت آرد ورودی به

jfn.srbiau.ac.ir

کارخانجات تولید ویفر، کنترل بیشتری در مراحل تولید داشت و در نهایت نیز محصولی با کیفیت بالاتر بدست آورد و ضایعات حین فرایند را به حداقل رسانید.

سپاسگزاری

از همکاری صمیمانه مدیریت و پرسنل شرکت آذرنوش شکوفه که با در اختیار قرار دادن پایلوت و امکانات آزمایشگاهی ما را در پیشبرد این تحقیق یاری نمودند تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

پایان، ر. (۱۳۸۷). مقدمه‌ای به تکنولوژی فرآورده‌های غلات. نشر آییژ. ۴۲۰ صفحه.

AACC. (2000). Approved methods of analysis of the American associstion of cereal chemists (10nd edition). The American Asscation of Cereal Chemists.

Aehle, W. (2007). Enzyme in industry (3rd edition). Enzymes in baking.Wiley-VCH.p: 99-109.

Barbosa, G. V. & Gould, G. W. (2000). Innovations in food processing. CRC. p: 225-227.

Cauvain, S. & Young, L. (2001). Baking problems solved. CRC press. p: 199.

Dagdelen, A. F. & Gocmen, D. (2007). Effects of hemicellulase, ascorbic acid and glucose oxidase on dough and bread quality. Journal of Food Quality, 30: 1009-10022.

Dogan, I. S. (2006). Factors affecting wafer sheet quality. International Journal of Food Science and Technology, 41: 569-576.

Ged, O. & Sarabjit, S. (1995). Wafer Batters: a Rheological Study. Journal Science Food Agriculture, 67: 221-227.

Haarasilta, S., Pullinen, T., Tammersalo, I., Vaisanen, S. & Franti, H. (1991). Enzyme product and method of improving the properties of dough and the quality of bread. United State Patent, PN: 4990343.

Haarasilta, S., Pullinen, T., Tammersalo, I., Vaisanen, S. & Franti, H. (1993). Method of improving the production process of cereal products by enzyme addition. United State Patent, PN: 5176927.

Hansen, C. E., Nicolas, P. & Baltasar, V. (2008). Moisture resistant wafer. European Patent Application, PN:1982598 A1.

Keskin, S., Sumnu, G. & Sahin, S. (2004). Usage of enzymes in a novel baking process. Nahrung Food, 48: 156-160.

Law, B. A. & Whitehurst, R. (2002). Enzymes in food technology. Sheffield Academic Press. p:1-30.

Manley, D. (1998). Biscuit, cookie and cracker manufacturing manuals. (manual 1, ingredients). Woodhead publishing.

Manley, D. (2000). Technology of biscuit, crackers and cookies. CRC.p:299-307.

Navarrete, N., Moraga, G., Talens, P. & Amparo, C. N. (2004). Water sorption and the plasticization effect in wafers. International Journal of Food Science and Technology, 39: 555-562.

Nicolas, N. & Hansen, C. E. (2006). Flour based food product comprising thermostable alpha-amylase. United States Patent, PN: 20060057270A1.

Popper, L. (2004). Enzymes in biscuit, cracker and wafer production. Asia Pacific Food Industry, 16(3): 28-32.

Sahin, S. & Sumnu, S. G. (2006). Physical properties of foods. Springer.p: 90-92.

Slade, L., Levine, H., Craig, S. & Arciszewski, H. (1994). Reducing Checking in Crackers with Pentosanase. United States Patent. PN: 005176927A.

Tucker, G. A. & Woods, L. F. (1991). Enzymes in food processing. Enzymes in the baking industry. springer published (2nd edition). p: 177-213.

Uysal, H., Bilgicli, N., Elgun, A., Ibanoglu, S., Herken, E. N. & Kursat demir, M. (2007). Effect of dietry fibre and xylanase enzyme addition on the selected properties of wire-cut cookies. Journal of Food Eengeering, 78: 1074-1078.

jfn.srbiau.ac.ir