Archive of SID

بررسی نقش هیدراسیون آرد روی خواص رئولوژیکی خمیر نان

معصومه دوکوهکی[1]، سیدهادی پیغمبردوست[2*]، مهدیه قمری[3]، سیدمهدی سیدین اردبیلی[4]

1- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
2- عضو هیأت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
3- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان
4- عضو هیأت علمی مرکز پژوهشهای غلات ایران، تهران

(تاریخ دریافت: 88/10/26 تاریخ پذیرش:88/2/22)

چکیده

در این مقاله تأثیر هیدراسیون آرد روی خواص رئولوژیکی خمیر نان مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی نقش هیدراسیون از خمیرهای توسعه یافته بدون اعمال انرژی مکانیکی (خمیرهای ZD[1]) که مرحله هیدراسیون خود را در خارج از مخلوط‌کن سپری کرده بودند استفاده شد. در این مطالعه نقش دما و زمان نگهداری (دو سطح دمایی 5 و 25 درجه سانتی‌گراد و سه سطح زمانی 1/5، 4 و 24 ساعت) روی میزان هیدراسیون خمیرهای هیدراته مورد بررسی قرار گرفت. پس از انجام آزمون‌های فارینوگراف و اکستنسوگراف نمونه‌ها، مشخص شد که در منحنی فارینوگرام خمیرهای هیدراته با افزایش دما و زمان نگهداری، فاز هیدراسیون کاهش یافته و نهایتاً حذف گردید. هم چنین زمان توسعه این خمیرها در مقایسه با مخلوط آب و آرد بسیار کوتاه بوده و با افزایش دما و زمان هیدراسیون کاهش یافته و در خمیرهای هیدراته در دمای 25 °C به مدت 24 ساعت به صفر رسید. علاوه بر این، خمیرهای هیدراته مقاومت پایین‌تر و میزان سست شدن بالاتری نسبت به خمیرهای مخلوط شده از مخلوط آب و آرد نشان دادند. در میان تیمارهای مختلف هیدراسیون، تنها خمیر هیدراته در دمای 25°C به مدت 4 ساعت قابلیت انجام آزمون اکستنسوگراف را داشت که نتایج این آزمون نشان داد این خمیر دارای سطح زیر منحنی زیاد، ارتفاع زیاد و نسبت ارتفاع به طول متعادل بوده است.

کلید واژگان: آرد، خمیر، هیدراسیون، رئولوژی

1- مقدمه

توسعه گلوتن مهمترین فرآیند در طول تشکیل خمیر است که خصوصیات خمیر را تعیین می‌کند [1]. در دستگاههای فارینوگراف و اکستنسوگراف خمیر در اثر مخلوط شدن آب و آرد و در حضور انرژی مکانیکی تشکیل می شود [2، 3، 4]. این انرژی نه تنها به توزیع یکنواخت همه مواد اولیه کمک میکند بلکه باعث هیدراسیون و آبگیری ذرات آرد شده که منجر به تشکیل ساختار گلوتنی گسترده‌ای در خمیر می‌شود که گرانول‌های نشاسته را احاطه می‌کند [2،4،5]. مشکل خمیرهای تهیه شده با استفاده از این سیستم مخلوط کردن این است که عوامل توزیع مواد اولیه خمیر و انرژی مکانیکی و فاز هیدراسیون قابل تفکیک نیستند و بنابراین امکان به دست آوردن اطلاعات دقیق در زمینه نقش عوامل مؤثر در مرحله مخلوط کردن روی توسعه شبکه گلوتنی محدود می‌گردد. فقدان آگاهی در این زمینه عاملی محدود کننده برای پیشرفت تکنولوژی در صنعت طراحی و ساخت مخلوط کن ها می‌باشد [2،3]. به منظور تفکیک هیدراسیون از انرژی مکانیکی در تشکیل خمیر از تکنولوژی خمیرهای توسعه نیافته (ZD) استفاده می‌شود که این سیستم مطالعه دقیق و جزئی فرآیند

* مسئول مکاتبات: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

1. Zero-mechanical energy developed Dough

www.SID.ir

Archive of SID

خمیر را امکان پذیر می‌سازد.

اولین تلاشها برای تولید خمیرهای توسعه یافته بدون انرژی مکانیکی با تمرکز بر روی مکانیسم پیوستن لیپیدها به ماتریکس گلوتنی در خمیرصورت گرفت که در آنها روش تولید خمیرهای توسعه نیافته مشهود نیست [6، 7]. *کاگی یاما و توری کاتا*[1] (1993) تولید خمیر نان بدون استفاده از انرژی مکانیکی از مواد اولیه پودری (نظیر آرد، مخمر، شکر، چربی ها) و ذرات یخ را شرح داده و به نام خود به ثبت رساندند [8].

در سال 1996 *کمپوس و همکاران*[2] برای اولین بار روشی جدید برای تفکیک هیدراسیون از انرژی مکانیکی در تولید خمیر گندم معرفی کردند [9]. بعد از این تحول در تفکیک فاز هیدراسیون از انرژی مکانیکی در مرحله مخلوط کردن خمیر، محققین زیادی به بررسی رفتار رئوژیکی و خصوصیات ریزساختاری خمیرهای هیدراته توسعه نیافته با خمیری که به طور متداول در میکسرهای کلاسیک مانند فارینوگراف توسعه یافته بود، پرداختند [3،10، 11].

آنبهند و همکاران[3] (2004) روش دیگری برای تهیه خمیرهای هیدارته بدون اعمال کار مکانیکی ارائه دادند و این نوع خمیر را "آرد هیدراته مخلوط نشده"یا به اختصار سیستم [4] HUFنامگذاری کردند [1]. پیغمبر *دوست و همکاران* (2006) در مطالعه دیگری با هدف روشن ساختن رفتار این خمیرها به عنوان یک خمیر شروع کننده در مخلوط کن متداول فارینوگراف در مقایسه با خمیر حاصل از آرد و آب که به روش متداول آماده شده بود، انجام دادند [2]. هر چند این محققین در بخشی از مطالعات خود نقش هیدراسیون آرد را در تشکیل شبکه گلوتنی و رفتار خمیرهای هیدراته شده در میکسر فارینوگراف مورد بررسی قرار داده‌اند اما بررسی سیستماتیک در این زمینه که در برگیرنده طیف وسیع تری از عوامل تأثیر گذار روی هیدراسیون آرد باشد، انجام نگرفته است. بدین معنی که آنها فقط از یک ترکیب ثابت زمان- دما برای هیدراته کردن خمیرهای خود استفاده کردند.

هدف اساسی پژوهش حاضر بررسی اثر تیمارهای مختلف دما و زمان هیدراسیون آرد بر روی توسعه خمیر با مطالعه خواص رئولوژیکی خمیر (زمان توسعه خمیر، مقاومت خمیر در مقابل مخلوط کردن، مقاومت به کشش، کشش پذیری خمیر، انرژی لازم برای کشش) با استفاده از دستگاههای فارینوگراف و اکستنسوگراف می‌باشد. در این پژوهش خمیر هیدراته بدون انرژی مکانیکی (ZD) با خمیر تهیه شده از مخلوط آب و آرد به عنوان ماده اولیه برای مخلوط کردن مورد مقایسه قرار خواهند گرفت. همینطور خواص کشسانی خمیرهای هیدراته بدون اعمال انرژی مکانیکی با خواص کشسانی خمیرهای مخلوط شده از آرد و آب مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

2- مواد و روش‌ها

2-1- نمونه‌های آرد گندم و خصوصیات فیزیکی شیمیایی

آرد حاصله از مخلوط گندم های داخلی با کیفیت نانوایی متوسط با خصوصیات فیزیکی- شیمیایی نشان داده شده در جدول 1 از شرکت آرد اطهر مراغه خریداری گردید.

2-2- تهیه خمیر هیدراته بدون اعمال انرژی مکانیکی

خمیر ZD با توجه به روش *کمپوس و همکاران* (1996) [9] با تغییرات شرح داده شده توسط *پیغمبر دوست و همکاران* (2005) [12] تهیه شد. درصد جذب آب فارینوگرافی 61 درصد (بر پایه 14 درصد رطوبت آرد) برای تهیه خمیر ZD استفاده شد. برای این منظور، یخ در حضور نیتروژن مایع (جهت جلوگیری از افزایش دما)، توسط آسیاب از نوع Waring پودر شده و با استفاده از الک با اندازه مش 600 میکرون، ذرات یخ پودر شده با اندازه‌ای در محدوده اندازه ذرات آرد جمع‌آوری شدند. پس از این مرحله، مقدار 300 گرم آرد ، 183 گرم یخ پودر شده (معادل 61 درصد جذب آب در فارینوگراف) و 6 گرم نمک طعام روی ترازوی آزمایشگاهی توزین و به طور کامل با یکدیگر مخلوط شدند. کلیه عملیات فوق الذکر در فریزر (اتاقی) با دمای -10°C انجام شد. مخلوط های آرد و یخ حاصله (خمیر ZD منجمد) در ظروف پلاستیکی سر بسته در فریزر نگهداری شدند تا شرایط آزمون هیدارسیون روی آنها اعمال گردد. برای هیدراته کردن مخلوط خمیر پودری منجمد از سه سطح زمانی (1/5، 4

1. Kageyama and Torikata
2. Campos et. al
3. Unbehend et. al
4. Hydrated Unmixed Flour (HUF)

www.SID.ir

Archive of SID

و 24 ساعت) و دو سطح دمایی (دمای یخچال یا 4 °C و دمای محیط 25 °C) استفاده گردید. پس از این مدت تشکیل خمیر با انجام هیدراسیون و بدون صرف انرژی مکانیکی انجام شد.

2-3- آزمون فارینوگراف

آزمون فارینوگراف بر اساس روش AACC 54-21 [13] و با استفاده از دستگاه فارینوگراف الکترونیکی (شرکت برابندر، دویسبورگ، آلمان) صورت گرفت. آزمون فارینوگراف برای آرد مورد آزمایش و خمیرهای هیدراته شده در زمان‌ها و دماهای مختلف انجام شد. جدول 2 داده‌های فارینوگرام‌های حاصله از آزمون مزبور را نشان می‌دهد.

3-3-آزمون اکستنسوگراف

برای انجام این آزمون از روش ICC 114 [14] و دستگاه اکستنسوگراف الکترونیکی (شرکت برابندر، دویسبورگ، آلمان) استفاده شد. این آزمون برای آرد مورد آزمایش و خمیرهای هیدراته انجام شد. جدول 3 و 4 داده‌های حاصل از این آزمون را به ترتیب برای مخلوط آب و آرد و خمیرهای هیدراته در دمای 25 °C به مدت 4 ساعت را نشان می‌دهد.

3- نتایج و بحث

3-1- خصوصیات فیزیکی شیمیایی آرد گندم

مقادیر رطوبت، خاکستر، پروتئین، گلوتن مرطوب و فعالیت آنزیمی آرد در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول1 مقادیر رطوبت، خاکستر، پروتئین و گلوتن مرطوب و فعالیت آنزیمی آرد مورد آزمون

رطوبت (%)	خاکستر* (%)	پروتئین* (%)	گلوتن مرطوب (%)	فعالیت آنزیمی (عدد فالینگ به ثانیه)
11/9	0/743	11/62	22/22	462

* بر اساس ماده خشک

همان طور که از داده‌های جدول 1 مشخص می‌گردد آرد مورد استفاده دارای رطوبت قابل قبولی بوده و قابلیت نگهداری در دمای معمولی را دارد. از آزمون رطوبت برای محاسبه داده های تجزیه ای دیگر بر اساس وزن خشک استفاده گردید. مقدار خاکستر 0/74 درصد نیز نشان دهنده این است که آرد از مغز دانه گندم و بدون لایه‌های سبوس و ذرات جوانه استحصال گردیده است. مقدار پروتئین آرد و مقدار گلوتن مرطوب آن نیز نشان‌دهنده این است آرد مورد استفاده از لحاظ کیفیت پروتئینی جزو آردهای متوسط بوده است. فعالین آنزیمی آرد هم در محدوده قابل قبول می باشد. اندازه گیری فعالیت آنزیمی در فرآیندهای هیدراسیون که خمیر به مدت زمان طولانی نگهداری می شود حائز اهمیت است و آردهای مورد استفاده نباید فعالیت آلفا-آمیلازی بالایی داشته باشند.

3-2- نتایج آزمون فارینوگراف

شکل 1 منحنی فارینوگرام به دست آمده از آرد مورد آزمون را در درصد جذب آب 61 درصد نشان می‌دهد. با توجه به منحنی، زمان رسیدن خمیر[1] 5/5 دقیقه می‌باشد. زمان رسیدن خمیر زمانی است که ذرات آرد در داخل مخلوط کن جذب آب کرده و به شکل خمیر هیدراته در می‌آیند و عمل هیدراسیون همزمان با سایر عملکردهای مخلوط‌کن رخ می-دهد. پس وجود زمان هیدراسیون یا همان زمان رسیدن خمیر یکی از مشخصه‌های بارز فارینوگرام حاصل از مخلوط آب و آرد می‌باشد. منحنی فارینوگرام خمیرهای هیدراته مورد آزمون در این مطالعه که فاز هیدراسیون خود را در خارج از میکسر سپری کرده‌اند در شکل‌های 2 الی 7 نشان شده است. مقایسه منحنی‌های فارینوگرام خمیرهای هیدراته بدست آمده در دماهای 5 و 25 درجه سانتیگراد و زمان‌های 1/5، 4 و 24 ساعت با خمیر به دست آمده از مخلوط آب و آرد (شکل 1) نشان می‌دهد که نگهداری مخلوط آب و آرد در خارج از مخلوط‌کن باعث هیدراسیون آرد شده به طوری که با افزایش دما و زمان نگهداری میزان هیدراسیون بهبود می‌یابد. این امر از منحنی‌های فارینوگرام 2 الی 7 به وضوح دیده می‌شود. خمیرهای هیدراته شده در دمای 5 °C به مدت 1/5 ساعت (شکل 2) دارای فاز هیدراسیون بوده و این فاز نسبت به فاز ایجاد شده در مورد مخلوط آب و آرد (شکل 1) دارای زمان کوتاهتری می‌باشد و با گذشت زمان درخمیرهای هیدراته در

1. Arrival time

www.SID.ir

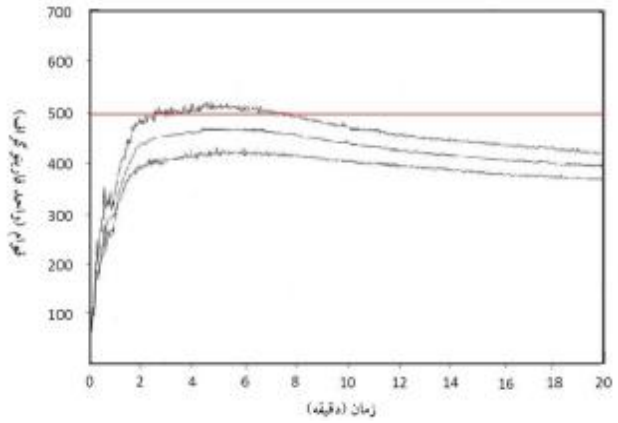
Archive of SID

دمای 5 °C به مدت 4 ساعت (شکل 3) این فاز به میزان زیادی کاهش می‌یابد و نهایتاً در خمیرهای هیدراته به مدت 24 ساعت (شکل 4) به طور کامل حذف می‌شود.

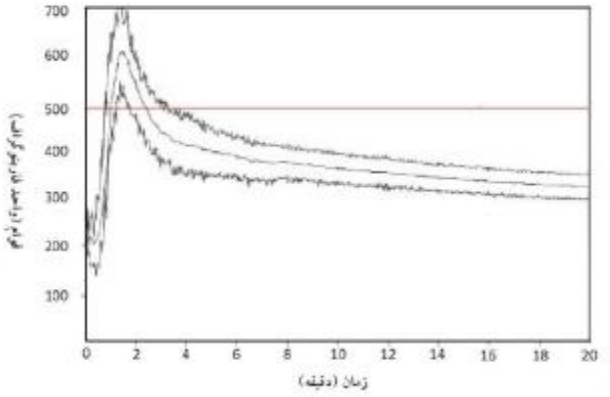
در خمیرهای هیدراته در دمای 25 °C به مدت 1/5 ساعت (شکل 5) نیز فاز هیدراسیونی کوتاهتر از فاز مشاهده شده در مخلوط های آب و آرد وجود دارد (شکل 1) که با سپری شدن 4 ساعت در همین دما (شکل 6) این فاز از بین رفته و در خمیرهای هیدراته در دمای 25 °C به مدت 24 ساعت (شکل 7) نیز این فاز به طور کامل حذف شده است. در این خمیر هیدراسیون بیش از اندازه صورت گرفته به طوری که خمیر بسیار شل و فاقد مقاومت لازم در برابر عملیات مکانیکی مخلوط کردن است. منحنی فارینوگرام این خمیر افت قابل ملاحظه‌ای از خط مرجع 500 واحد فارینوگراف نشان می‌دهد. دلیل احتمالی این افت مقاومت، به تغییرات شیمیایی گلوتن و تخریب آن در طول هیدراسیون درمدت طولانی برمی‌گردد که کارایی شبکه ویسکوالاستیک گلوتن را به واسطه فعل و انفعالات شیمیایی تحت تأثیر قرار داده است. به ویژه عرض بسیار کم منحنی فارینوگرام در مقایسه با سایر تیمارهای دما و زمان مورد آزمون مؤید ضعف سیستم گلوتن در خمیر می‌باشد.

جدول 2 نتایج آزمون فارینوگراف مخلوط آب و آرد و خمیرهای هیدراته در شرایط دمایی و زمانی مختلف را نشان می‌دهد. همان طور که از این جدول ملاحظه می‌گردد میزان مقاومت خمیر روی خط 500 واحد فارینوگراف 8/8 دقیقه می‌باشد و آرد مورد نظر جزو آردهای با کیفیت متوسط طبقه-بندی می‌شود. با توجه به جدول مزبور مشاهده می‌شود که علاوه بر کاهش و از بین رفتن فاز هیدراسیون در خمیرهای مخلوط شده از آرد قبلاً هیدراته شده، زمان توسعه این خمیرها نیز در مقایسه با مخلوط آب و آرد با افزایش زمان و دمای هیدراته شدن کاهش یافته تا این که نهایتاً در خمیرهای هیدراته در دمای 25 °C به مدت 24 ساعت به صفر می‌رسد.

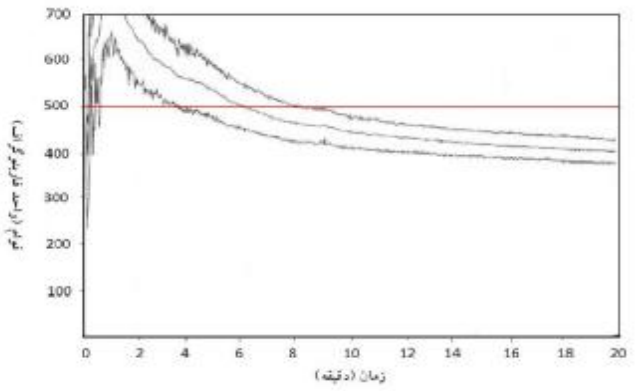
با توجه به منحنی‌های فارینوگرام حاصله از خمیرهای هیدراته مشاهده می‌شود که خمیرهایی که در زمان‌های کوتاه و دماهای کم هیدراته شده‌اند به علت عدم ذوب کامل ذرات یخ موجود در آنها، هیدراسیون ذرات آرد به طور کامل انجام نشده و به همین دلیل فاز هیدراسیون در فارینوگرام آنها مشاهده می-شود (شکل 2 و 3) و بتدریج با افزایش زمان و دمای هیدراسیون، به دلیل افزایش میزان ذرات آرد هیدراته و افزایش میزان جذب آب در آنها فاز هیدراسیون کاهش یافته و نهایتاً حذف می‌گردد (شکل 4 الی 7).



شکل 1 منحنی فارینوگرام مخلوط آب و آرد



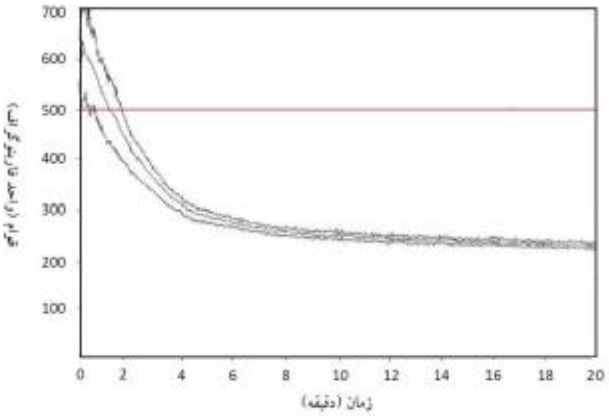
شکل 2 منحنی فارینوگرام خمیر هیدراته در دمای 5 °C به مدت 1/5 ساعت



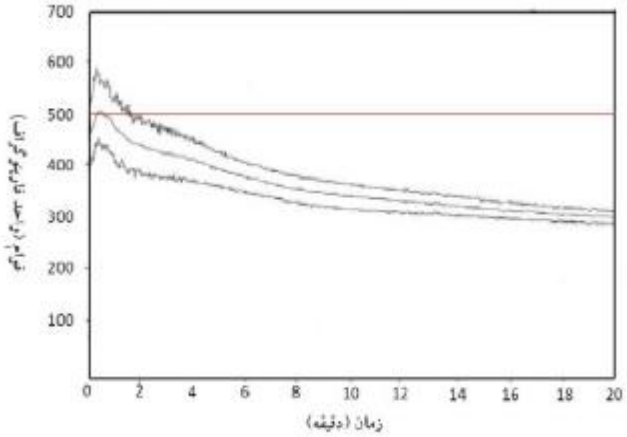
شکل 3 منحنی فارینوگرام خمیر هیدراته در دمای 5 °C به مدت 4 ساعت

www.SID.ir

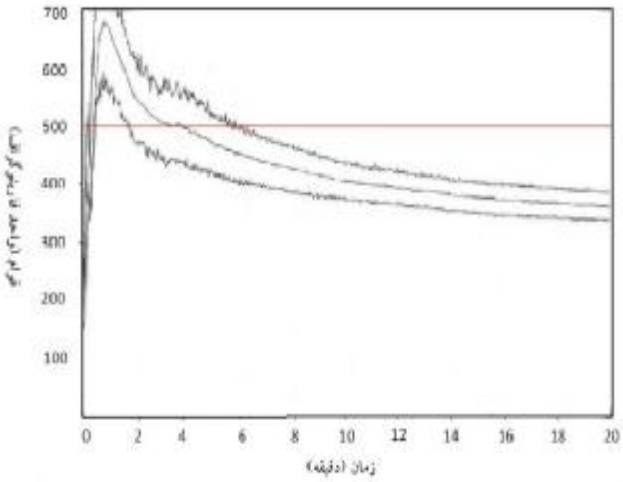
Archive of SID



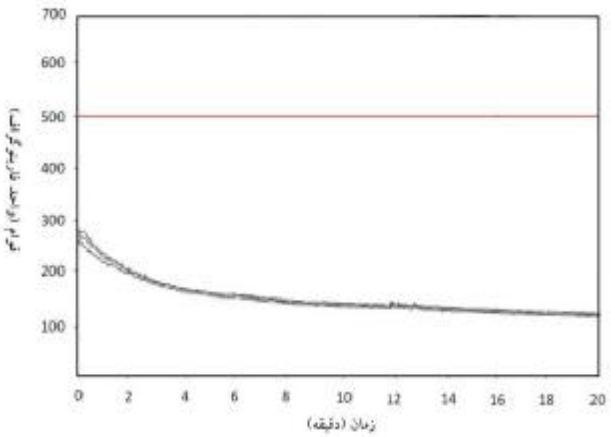
شکل 4 منحنی فارینوگرام خمیر هیدراته در دمای 5 °C به مدت 24 ساعت



شکل 6 منحنی فارینوگرام خمیر هیدراته در دمای 25 °C به مدت 4 ساعت



شکل 5 منحنی فارینوگرام خمیر هیدراته در دمای 25 °C به مدت 1/5 ساعت



شکل 7 منحنی فارینوگرام خمیر هیدراته در دمای 25 °C به مدت 24 ساعت

مقایسه اعداد به دست آمده از زمان‌های توسعه موجود در جدول 2 روشن می‌سازد که در این خمیرها با افزایش زمان و دمای هیدراسیون و حذف فاز هیدراسیون زمان توسعه کاهش یافته و در مقایسه با خمیر بدست آمده از مخلوط آب و آرد بسیار کوتاه می‌گردد. این مطلب بیانگر آن است که هیدراسیون ذرات آرد در خارج از مخلوطکن منجر به انجام بخشی از توسعه شبکه گلوتنی در خمیرهای هیدراته می‌گردد. به عبارت دیگر شبکه گلوتنی موجود در این خمیرها بدون فرآیند مکانیکی مخلوط کردن و در طی عمل هیدراسیون توسعه می‌یابد. این نتایج با یافته‌های پیغمبردوست و همکاران [2] مطابقت دارد که برطبق گزارش آنها در منحنی فارینوگرام خمیرهای هیدراته در دمای 4 درجه سانتیگراد به مدت 20 ساعت پیک هیدراسیون وجود نداشت و توسعه این خمیر در زمان کوتاهتری نسبت به زمانی که از مخلوط آب و آرد به عنوان ماده اولیه در میکسر استفاده شده بود، به دست می‌آمد که این نشان دهنده این واقعیت است که این خمیرها بخشی از توسعه خود را در خارج از مخلوط کن سپری کرده‌اند. از طرف دیگر به همین علت چنین خمیرهایی مستعد متلاشی شدن زودتر از موعد بوده و بافت گلوتنی آنها زودتر از خمیرهای متداول دچار تخریب می‌شود. هم چنین آنبهند و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران [1] گزارش کردند که پروتئین‌ها در سیستم خمیرهای هیدراته شده بدون کار مکانیکی شبکه‌ای سه بعدی تشکیل داده و ذرات نشاسته را احاطه کرده‌اند. هم چنین سیستم آرد هیدراته رفتار ویسکوالاستیک مشخصی دارد که به وسیله پتانسیل شیمیایی نهفته آن و بدون اعمال انرژی مکانیکی تشکیل می‌شود [1]. هم چنین حسینی[1] (1985) به اهمیت هیدراسیون در توسعه خمیر توجه زیادی دارد. در این دیدگاه، توسعه اساساً نتیجه هیدراسیون کامل ذرات آرد است که به وسیله مخلوط کردن تا یک سطح اپتیمم در نقطه‌ای که همه پروتئین ونشاسته موجود در آرد هیدراته شوند، به دست می‌آید [15].

نتایج ارائه شده در جدول 2 نشان می‌دهد که خمیرهای هیدراته دارای مقاومت پایین تر و میزان سست شدن بالاتری نسبت به خمیرهای به دست آمده از مخلوط آب و آرد هستند و این مسئله می‌تواند به دلیل انجام بخشی از توسعه این خمیرها در خارج از مخلوط‌کن باشد. از طرفی با ملاحظه این که مخلوط کردن خمیر هیدراته، همراه با هیدراسیون نیست و این توزیع ترکیبات خمیر است که نیاز به مقداری انرژی مکانیکی دارد پس این مسئله قابل انتظار است که در مخلوط کردن خمیر هیدراته انرژی انتقال یافته به خمیر نسبت به مخلوط کردن خمیر به دست آمده از آب و آرد در زمان مشابه، مؤثرتر و ریسک آسیب مکانیکی بیشتر باشد لذا زمان مخلوط کردن چنین خمیرهایی باید کوتاه باشد [2].

با توجه به جدول 2 و منحنی‌های فارینوگرام (شکل‌های 1 الی 7) مشخص می‌شود که از بین خمیرهای هیدراته در زمان و دماهای متفاوت، تنها خمیر هیدراته شده در دمای 25 درجه سانتیگراد به مدت 4 ساعت (شکل 6) دارای منحنی فارینوگرام در محدوده قابل قبولی بوده و منحنی فارینوگرام آن با خط 500 برابندر تفاوت قابل قبولی دارد. این خمیر دارای زمان توسعه بسیار کوتاهی در مخلوط کن می‌باشد و بخش عمده شبکه گلوتنی موجود در آن طی عمل هیدراسیون در خارج از مخلوط کن توسعه می‌یابد. در نتیجه این دما وزمان به منظور هیدراسیون آرد و به دست آوردن بخش زیادی از توسعه شبکه گلوتنی در خارج از مخلوط کن می‌تواند انتخاب شود. اما شکل مزبور از طرف دیگر نشان‌دهنده افت و مقاومت کمتر خمیر در برابر مخلوط کردن است که بیانگر این مطلب است که مخلوط کردن بعدی چنین خمیرهایی باید در زمان بسیار اندک صورت گیرد چون قبلاً توسعه گلوتن در طول هیدراسیون صورت گرفته است.

جدول2 نتایج حاصل از آزمون فارینوگراف مخلوط آب و آرد و خمیر های هیدراته در زمان‌ها و دماهای مختلف

	خمیر متداول*	خمیر هیدراته شده در دمای 5 درجه سانتیگراد			خمیر هیدراته شده در دمای 25 درجه سانتیگراد		
		1/5 ساعت	4 ساعت	24 ساعت	1/5 ساعت	4 ساعت	24 ساعت
زمان توسعه (دقیقه)	5/5	1/5	1	0/1	0/9	0/1	0
مقاومت[2] (دقیقه)	8/8	0/9	1/5	0/3	1	0/8	0/3
میزان سست شدن[3] خمیر 12 دقیقه پس از پیک (واحد فارینوگراف)	61	263	251	441	288	198	131

* خمیر مخلوط شده از آرد و آب

3-3- نتایج آزمون اکستنسوگراف

در منحنی اکستنسوگرام، روی محور افقی قابلیت کشش و روی محور قائم مقاومت به کشش قرار می‌گیرد. سطح زیر منحنی نیز انرژی مصرف شده برای کشش خمیر را نشان می‌دهد. خمیرهایی با مقاومت به کشش و کشش پذیری بالا، ویسکوالاستیک و کشش پذیر بوده و این نوع خمیرها برای فرآیندهای شامل تخمیر طولانی مناسب بوده و حجم فرآورده نانوایی حاصل از آنها خوب و مناسب است. خمیرهایی با مقاومت به کشش بالا و کشش پذیری پایین ساختار گلوتنی سفت داشته و به سختی طی تخمیر متسع می‌شوند.

خمیرهای هیدراته در زمان‌های کوتاه و دماهای پایین به دلیل عدم ذوب کامل پودر یخ موجود در آنها و سفت بودن بافت

1. Hoseney 1985

2. Stability
3. Degree of Softening

www.SID.ir

Archive of SID

آنها و هم چنین خمیرهای هیدراته در دمای بالا و زمان طولانی به دلیل نرم بودن بیش از حد بافت آنها و در نتیجه عدم امکان شکل دهی مناسب برای آزمون اکستنسوگراف در دستگاه قابلیت انجام آزمون را نداشتند و تنها خمیر هیدراته در دمای 25 درجه سانتیگراد به مدت 4 ساعت دارای بافت مناسبی برای انجام آزمون اکستنسوگراف بود.

روش اکستنسوگرافی با حجم زیاد خمیر که به طور کلاسیک با اکستنسوگراف ساخت شرکت برابندر آلمان انجام می‌گیرد روش مناسب برای این نوع نمونه‌ها محسوب نمی‌شود و پیشنهاد می‌گردد که از دستگاه Texture Analyzer با اتصال مجموعه کشش خمیر موسوم به SMS/ Kiefier Extensibility Rig آزمون‌های کشسانی خمیر انجام شود که به نمونه‌های کم نیاز داشته و نتایج قابل تکرار هستند (2).

نتایج آزمون اکستنسوگراف مخلوط آب وآرد و خمیر هیدراته (ZD) در دمای 25 °C به مدت 4 ساعت به ترتیب در جداول 3 و 4 آمده است. مقایسه داده های آزمون اکستنسوگراف نشان می‌دهد که اعداد مربوط به شاخصهای رئولوژیکی R_{max} (ماگزیمم مقاومت به کشش)، انرژی و نسبت مقاومت کشش به قابلیت کشش (کشش پذیری) در هر سه زمان استراحت 45، 90 و 135 دقیقه در مورد خمیرهای هیدراته (خارج مخلوط کن) بیشتر از اعداد مزبور در خمیر مخلوط شده از آرد و آب (داخل مخلوط کن) می‌باشند. این برتری رئولوژیکی برای خمیرهای هیدراته به ویژه در زمانهای طولانی آزمون (135 دقیقه استراحت) نمود بیشتری می یابد. علت این امر احتمالاً مربوط به تکمیل گسترش ساختارهای گلوتنی در خمیرهای هیدراته در زمانهای استراحت طولانی می باشد. درنتیجه خواص رئولوژیکی خمیرهای هیدراته شده در خارج از مخلوطکن برتر از خواص خمیرهای تولید شده از مخلوط آب و آرد در داخل مخلوطکن (در زمان بهینه مخلوط کردن) می‌باشد. نتایج به دست آمده از آزمون اکستنسوگرافی در توافق با نتایج به دست آمده توسط *آنبهند و همکاران* (2004) است که نشان داده‌اند سیستم آرد هیدراته مخلوط نشده (HUF) (خمیر تهیه شده بدون اعمال انرژی مکانیکی) سفت‌تر بوده و مقاومت به کشش بیشتری نسبت به خمیر تولید شده از مخلوط آب و آرد نشان می‌دهد [1]. همچنین این نتایج در تأیید با نتایج *پیغمبردوست و همکاران* (2006) است که گزارش کردند که خمیرهای تهیه شده بدون اعمال انرژی مکانیکی از لحاظ رفتار رئولوژیکی قابلیت کشش پذیری، مقاومت در برابر کشش و پدیده سفت شدن در برابر کشش زیادتر یا به اصطلاح strain hardening (که برای نانوایی یک شاخص مطلوب به شمار می‌رود) متمایزتر از خمیرهای تهیه شده با روش متداول نشان دادند [2].

جدول 3 نتایج حاصل از آزمون اکستنسوگراف مخلوط آب و آرد

شاخصهای آزمون اکستنسوگراف	زمان استراحت خمیر		
	45 دقیقه	90 دقیقه	135 دقیقه
ماکزیمم مقاومت به کشش R_{max} (واحد برابندر)	115	54	82
قابلیت کشش یا کشش پذیری (میلیمتر)	129	122	108
انرژی (مساحت زیر منحنی) (سانتیمترمربع)	20	9	11
نسبت مقاومت به کشش پذیری (-)	0/8	0/4	0/6

جدول 4 نتایج حاصل از آزمون اکستنسوگراف خمیر هیدراته در دمای 25Ċ به مدت 4 ساعت

شاخصهای آزمون اکستنسوگراف	زمان استراحت خمیر		
	45 دقیقه	90 دقیقه	135 دقیقه
ماکزیمم مقاومت به کشش R_{max} (واحد برابندر)	185	190	153
قابلیت کشش یا کشش پذیری (میلیمتر)	110	103	114
انرژی (مساحت زیر منحنی) (سانتیمترمربع)	26	26	23
نسبت مقاومت به کشش پذیری (-)	1/7	1/8	1/3

4- نتیجه‌گیری

منحنی فارینوگرام خمیرهای هیدراته (که مرحله هیدراسیون آنها در خارج از مخلوطکن انجام شده است) نشان می‌دهد که با افزایش دما و زمان نگهداری، فاز هیدراسیون کاهش یافته و نهایتاً حذف می‌گردد. زمان توسعه این خمیرها نیز در مقایسه با مخلوط آب و آرد بسیار کوتاه می‌باشد و با افزایش دما و زمان هیدراسیون کاهش یافته تا این که نهایتاً در خمیرهای هیدراته در دمای 25 °C به مدت 24 ساعت به صفر می‌رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

هیدراسیون ذرات آرد منجر به انجام بخشی از توسعه در خمیرهای هیدراته می‌گردد و شبکه گلوتنی موجود در آنها بدون فرآیند مکانیکی مخلوط کردن در طی عمل هیدراسیون توسعه می‌یابد. علاوه بر این مقاومت پایین‌تر و میزان سست شدن بالاتر آنها نسبت به مخلوط آب و آرد می‌تواند به دلیل انجام بخشی از توسعه این خمیرها در خارج از مخلوط کن باشد. در میان تیمارهای مختلف هیدراسیون، تنها خمیر هیدراته در دمای 25 °C به مدت 4 ساعت قابلیت انجام آزمون اکستنسوگراف را داشت که نتایج این آزمون نشان داد خمیرهای هیدراته (تشکیل شده بدون انرژی مکانیکی) دارای انرژی لازم برای کشش و مقاومت در برابر کشش بیشتری نسبت به خمیر مخلوط شده (در زمان بهینه مخلوط کردن) در داخل میکسر بوده که نشان‌دهنده خواص رئولوژیکی برتر خمیرهای هیدراته می‌باشد.

با استفاده از نتایج این مطالعه، رفتار رئولوژیک خمیرهای هیدراته مشخص می‌گردد و از آنها می‌توان در تحقیقات علمی دیگر که اثر فاکتورهای مختلف فرآیند روی این خمیرها بررسی می‌شود استفاده نمود. همین طور می‌توان با درک و شناخت فاز هیدراسیون، در طراحی مخلوط‌کن‌های نانوایی تدابیری اتخاذ نمود که بتوان فاز هیدراسیون را در خارج از مخلوط‌کن انجام داد که در این صورت طرح مخلوط‌کن‌های تجاری ساده‌تر و زمان فرآیند کوتاه‌تر خواهد شد. در خاتمه، تکنولوژی نوین جداسازی نشاسته و گلوتن از آرد گندم که از خمیرهای هیدراته برای شروع فرآیند استفاده می نماید بهره گیری از نتایج این پژوهش می تواند شرایط مطلوب آماده سازی ماده اولیه برای این فرآیند را فراهم نماید.

5- تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله مراتب تشکر و سپاس خود را از دانشگاه تبریز به جهت حمایت مالی جهت انجام این تحقیق و نیز مدیریت محترم گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به جهت در اختیار گذاشتن امکانات سردخانه زیر صفر و نیز مدیریت محترم مرکز پژوهشهای غلات ایران جهت در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی آن مجموعه برای انجام بخشی از آزمون ها اعلام می دارند. حمایت و همفکری مدیریت و اعضاء محترم هیأت علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تبریز نیز در انجام این پژوهش ارج نهاده می شود.

6- منابع

[1] Unbehend L., Lindhauer M.G., Meuser F., 2004. Physical and microscopic studies of flour-water systems. European Food Research and Technology. 219: 514-21.

[2] Peighambardoust S.H., van der Goot A.J., Hamer R.J., Boom R.M., 2006. Mixing behavior of zero-developed dough: a comparison with flour–water mixing. Journal of Cereal Science. 44: 12-20.

[3] Campos D.T., Steffe J.F., Ng P.K.W., 1997. Rheological behaviour of undeveloped and developed wheat dough. Cereal Chemistry. 74: 489-94.

[4] Paredes-lopez, O. and. Bushuk W. 1982. Development and undevelopment of wheat dough by mixing: microscopic structure and its relation to bread-making quality. Cereal Chem. 60: 24-27

[5] Kulp K. Bread industry and processes. In: Pomeranz Y, editor. Wheat: chemistry and technology, Vol 2. St. Paul, MN: AACC. American Association of Cereal Chemists; 1988. p. 371-406.

[6] Olcott H.S., Mecham D.E., 1947. Characterization of wheat gluten.1. Protein-lipid complex formation during doughing of flours. Lipo-protein nature of the glutenin fraction. Cereal Chemistry. 35: 409-13..

[7] Davies R.J., Daniels N.W.R., Greenshields R.N., 1969. An improved method of adjusting moisture in studies on lipid binding. Journal of Food Technology. 4: 117-23.

[8] Kageyama M., Torikata Y., inventors; Method and apparatus for producing a sheet of dough. 1993.

[9] Campos D.T., Steffe J.F., Ng P.K.W., 1996. Mixing wheat flour and ice to form undeveloped dough. Cereal Chemistry. 73: 105-7.

[10] Lee, L., P. K. W. Ng, J. H. Whallon and J. F. Steffe. 2001. Relationship between rheological properties and microstructural characteristics of nondeveloped, partially

www.SID.ir

Archive of SID

developed, and developed doughs. Cereal Chem. 78(4): 447-452.

[11] Schluentz E.J., Steffe J.F., Ng P.K.W., 2000. Rheology and microstructure of wheat dough developed with controlled deformation. Journal of Texture Studies. 31: 41-54.

[12] Peighambardoust S.H., van der Goot A.J ,. Hamer R.J., Boom R.M., 2005. Effect of simple shear on the physical properties of Glutenin Macro Polymer (GMP). Journal of Cereal Science. 42: 59-68.

[13] AACC Approved Methods. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists (AACC), Inc. 2005

[14] ICC Standard Methods. International Association for Cereal Science and Technology. Vienna, Austria. 2008.

[15] Hoseney R.C., 1985. The mixing phenomenon. Cereal Foods World. 30: 453-7.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of flour hydration on rheological characterization of bread dough

Dokouhaki, M.[1], Peighambardoust, S.H.[2*], Ghamari, M.[3], Seyedin Ardebili, S.M.[4]

1- MSc. graduated- Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3- Hamedan Islamic Azad University, Hamedan branch, Iran
3- Iran's Cereal Research Center – Tehran, I.R. Iran.

The effect of flour hydration on the rheological characteristics of bread dough was investigated. For this purpose, hydrated zero-developed (zero mechanical energy developed; ZD) doughs, which hydrated out side of the mixer were used. The influence of hydration temperature (5 and 25 °C) and time (1.5, 4 and 24 h) on hydration ability of doughs was investigated. Farinograph and Extensigraph experiments were used to study the behavior of hydrated doughs upon different hydration treatments. Results indicated that increasing hydration time and temperature led to an increase in hydration performance, thus hydration phase in Farinograms was decreased and finally disappeared. Comparing doughs prepared from ZD doughs versus those mixed from conventional flour-water mixtures showed that reduction in hydration phase (arrival time) in ZD doughs, especially upon hydration at 25 °C for 24 h, arrival time was totally disappeared. However, doughs prepared with ZD-dough had lower Farinograph "stability" and higher "degree of softening" values compared to those mixed from flour-water mixtures. Only hydration at 25 °C for 24 h gave suitable doughs for Extensigraph experiments. Evaluation of Extensigram of such dough compared with doughs mixed from flour-water mixer showed better rheological performance (higher R_{max}, energy to extension and Ratio values).

Key words: Hydration; Flour; Dough; Rheology

*Corresponding author E-mail address: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir