"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و چهارم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3

اثر دما و مدت ذخیره‌سازی بر کیفیت آرد و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر در ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

Effect of temperature and post-harvest storage duration on flour quality and dough rheological properties of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars

فریبا نقی‌پور[۱]، گودرز نجفیان[۲] و محسن اسماعیل‌زاده مقدم[۳]

چکیده

نقی‌پور، ف.، گ. نجفیان و م. اسماعیل‌زاده مقدم. ۱۴۰۱. اثر دما و مدت ذخیره‌سازی بر کیفیت آرد و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر در ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۴ (۱):۴۹ -۳۴.**

تغییرات درونی دانه گندم پس از برداشت و در طول مدت ذخیره‌سازی باعث رسیدگی دانه و بهبود یا تعدیل کیفیت آرد و ویژگی‌های خمیر حاصل از آن می‌شود. از این‌رو شرایط و مدت زمان ذخیره‌سازی دانه گندم نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت آرد دارد. هدف از این تحقیق بررسی اثر دمای ذخیره‌سازی دانه در دو سطح (۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) و مدت زمان ذخیره‌سازی (بلافاصله بعد از برداشت؛ شاهد، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از برداشت) بر کیفیت آرد، خصوصیات آنزیمی و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر پنج رقم گندم (مهرگان، چمران۲، سیروان، سرداری و آذر۲) بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام شد. نتایج نشان داد که در کلیه ارقام گندم با افزایش دما و مدت زمان ذخیره‌سازی از میزان پروتئین و pH آرد کاسته شده و میزان اسیدیته و عدد فالینگ افزایش یافتند. با افزایش مدت ذخیره‌سازی تا ۶۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و همچنین افزایش زمان ذخیره‌سازی تا ۳۰ روز در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد، میزان گلوتن مرطوب، حجم رسوب زلنی و ارتفاع رسوب SDS در کلیه ارقام گندم افزایش و بعد از آن کاهش یافت. نتایج ارزیابی ویژگی‌های فارینوگرافی نشان داد که با افزایش دما و مدت ذخیره‌سازی بر میزان جذب آب آرد افزوده می‌شود. در دمای ۴۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، زمان توسعه، زمان پایداری و ارزش والوریمتری خمیر با گذشت زمان به ترتیب تا روز ۳۰ام و ۶۰ام افزایش یافته و بعد از آن کاسته شدند. در مقابل درجه نرم‌شدن خمیر در دمای ۴۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد با گذشت زمان تا روز ۳۰ام و ۶۰ام کاهش و بعد از آن افزایش یافتند. بر اساس نتایج این پژوهش در ارقام گندم مورد بررسی در مناطق با دمای بالاتر (حدود ۴۵ درجه سانتی‌گراد) زمان ذخیره‌سازی دانه در حدود یک ماه و در مناطق با دمای کمتر (حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد) زمان ذخیره‌سازی دانه حدود دو ماه پس از برداشت جهت بهینه شدن ویژگی‌های کیفی آرد مناسب هستند.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، رسوب زلنی، فارینوگراف، فعالیت آنزیمی و گندم نان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۴ تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱۰/۰۸ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی شماره ۹۷۰۲۶۳ -۰۳۶-۰۳-۰۳-۲ مصوب مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد

۱- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: faribanaghipour@yahoo.com)
۲- استاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

مقدمه

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی و پرمصرف‌ترین محصول راهبردی در جهان محسوب می‌شود. علیرغم افزایش عملکرد دانه گندم از طریق فعالیت‌های به‌زراعی و به‌نژادی و افزایش قابل توجه در مقدار تولید گندم در دهه‌های اخیر، چالش‌ها برای تولید گندم و بهبود کیفیت آن همچنان وجود داشته و توسعه راهکارهای بهبود کیفیت آرد گندم لازم و استفاده از راهکارهای مختلف نسبت به بهبود کیفیت آرد گندم ضروری است. از عوامل موثر بر تغییر کیفیت آرد گندم، زمان ذخیره‌سازی یا زمان رسیدگی دانه است. در شرایط ذخیره‌سازی مناسب، کیفیت دانه در اثر اکسیداسیون طبیعی و تشکیل پیوندهای بین مولکولی در شبکه پروتئینی بهبود می‌یابد (Móré *et al*., 2015).

دانه گندم پس از برداشت نیز زنده است و تنفس می‌کند. فرآیند تنفس در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۴ درصد کند است، ولی با بالا رفتن این دو عامل، شدت تنفس افزایش می‌یابد. حرارتی که در اثر تنفس تولید می‌شود به سرعت پراکنده نمی‌گردد، زیرا دانه گندم هادی حرارتی ضعیفی است. بدین ترتیب در صورتی که دانه گندم با رطوبت بالا انبار شود، به سرعت تنفس کرده و به تدریج گرم می‌شود. گرمای تولید شده باعث افزایش شدت تنفس شده و این جریان نامطلوب سیر صعودی طی می‌کند. از این‌رو کنترل شرایط ذخیره‌سازی گندم از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. افزایش دما و رطوبت در دانه گندم باعث فعال شدن آنزیم‌های موجود در دانه شده و باعث آغاز فعالیت‌های جوانه‌زنی می‌شوند. در اثر این عمل مقدار زیادی از انرژی دانه هدر رفته و آنزیم‌های دانه که نقش بسیار مهمی در تولید فرآورده‌های حاصل از آرد دارند، دگرگون می‌شود. به‌علاوه آنزیم‌ها با تجزیه ترکیبات دانه باعث سنتز موادی می‌شوند که بر روی رنگ، بو و طعم محصول اثر نامطلوب می‌گذارند. به‌طور کلی مهم‌ترین عوامل مؤثر در فساد دانه گندم که در ذخیره‌سازی غیر اصولی شایع هستند، رطوبت نسبی و دمای محیط و رطوبت موجود در دانه هستند و بیشترین تلاش باید در جهت کنترل این عوامل باشد، زیرا با کنترل آنها سایر عوامل مانند آفات و سایر ریزسازواره‌های انباری قادر به فعالیت چشم‌گیر و مؤثر نخواهند بود (Gray and Bemiller, 2003).

در مدت ذخیره‌سازی دانه گندم، علاوه بر تغییر مقدار ترکیبات دانه، به ویژه لیپیدها، پروتئین‌ها (گلوتن) و نشاسته، فعالیت‌های آنزیمی نیز دستخوش تغییر می‌شوند. فعالیت کنترل شده آنزیم‌ها باعث بهبود کیفیت و قابلیت پخت خمیر بدست آمده از دانه گندم می‌شود. مجموع این تغییرات باعث رسیدگی دانه گندم شده و در نتیجه عمل‌آوری خمیر حاصل از آن بهبود یافته و مقدار گلوتن خمیر افزایش و کیفیت آن بهبود می‌یابد. در واقع می‌توان گفت که مهم‌ترین عامل در تعیین کیفیت آرد گندم، کیفیت و کمیت پروتئین‌های گلوتن موجود در آن است (Gallagher *et al*., 2004). درصورتی که دانه گندم بلافاصله بعد از برداشت تبدیل به آرد شود، به دلیل عدم طی شدن فعل و انفعالات مربوط به رسیدگی دانه، گلوتن به مقدار مناسب در آن وجود نخواهد داشت و نان حاصل از این خمیر الاستیسیته کمتر و کیفیت پایین‌تری خواهد داشت. شرایط نامطلوب ذخیره‌سازی نیز باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های لیپاز و وقوع تغییرات بیوشیمیایی و تجزیه چربی‌ها و آزاد شدن اسیدهای چرب آزاد شده و میزان اسیدیته آرد افزایش یافته و فساد رخ می‌دهد (Lukow *et al*., 1995; Rehman and Shah, 1999). شایان ذکر است که دانه گندم در فصل تابستان به علت بالا بودن دمای محیط و سرعت بیشتر واکنش‌های بیوشیمیایی، سریع‌تر می‌رسد و در فصل زمستان این تغییرات به مراتب کندتر صورت می‌گیرد، بنابراین می‌توان دمای ذخیره‌سازی را نیز از عوامل مؤثر در ذخیره‌سازی و رسیدگی دانه گندم در نظر گرفت (Lukow and White, 1997). بایک و دونلسون

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

(Baik and Donelson, 2018) دانه‌های گندم نرم قرمز زمستانه را بعد از برداشت به مدت ۲۶ هفته در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد ذخیره‌سازی و سپس ویژگی‌های آسیابانی و کیفیت آرد حاصل از آن را مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که عدد فالینگ آرد با افزایش زمان ذخیره‌سازی دانه گندم افزایش می‌یابد که این موضوع به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و تغییر در ویژگی‌های ژلاتیناسیون نشاسته می‌باشد. نتایج آن‌ها نشان داد که مدت زمان ذخیره‌سازی دانه‌ها اثر معنی‌داری بر بازدهی آسیابانی، pH، و ظرفیت نگهداری آب آرد ندارد. کامبوج و همکاران (Kamboj *et al.*, 2018) تغییرات ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر حاصل از دانه گندم ذخیره‌سازی شده به مدت شش ماه در دمای چهار و ۲۰ درجه سانتی‌گراد را بررسی و گزارش کردند که خمیر تهیه شده از دانه گندم ذخیره‌سازی شده به مدت شش ماه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، دارای بیشترین الاستیسیته بود. مور و همکاران (Móré *et al.*, 2015) نیز ویژگی‌های رئولوژیکی از جمله توانایی جذب آب، زمان گسترش خمیر و کیفیت والوریگراف انواع گندم‌های زمستانه را در طول یک ماه ذخیره‌سازی بررسی و گزارش کردند که توانایی جذب آب، زمان گسترش خمیر در طول ماه اول ذخیره‌سازی تغییر نمی‌کند و کیفیت والوریگراف در طی این مدت افزایش می‌یابد و بنابراین کیفیت پخت آرد حاصل در طول ذخیره‌سازی بهبود می‌یابد. آنها این موضوع را به بهبود ساختار و پیوندهای داخلی کمپلکس پروتئینی گلوتن نسبت دادند. بنا بر گزارش میکو (Mhiko, 2012) میزان پروتئین خام دانه گندم پس از پنج ماه ذخیره‌سازی در چهار سیلو با شرایط متفاوت کاهش یافت. او علت این موضوع را حذف ترکیبات مغذی در حین تنفس و انجام واکنش‌های رایج پروتئولیتیک آنزیمی بیان کرد.

با توجه به نیاز صنعت به استفاده از آرد گندم با کیفیت مناسب و کاهش وارادات گندم از خارج به بهانه بهبود کیفیت گندم‌های تولید داخل، این تحقیق با هدف بررسی امکان بهبود کیفیت آرد و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر با استفاده از کنترل شرایط ذخیره‌سازی (دما و مدت زمان) دانه ارقام گندم نان که سطح زیر کشت بالایی در کشور دارند، انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های دانه ارقام گندم مهرگان، چمران۲، سیروان، سرداری و آذر۲ مربوط به سال زراعی ۹۷-۱۳۹۸ از مزارع بذری در طبقه گواهی شده از ۳۰ استان کشور جمع‌آوری شدند (جدول ۱). علت انتخاب نمونه‌ها از مزارع بذری، اطمینان از رعایت حداقل مدیریت‌های زراعی بهینه در این مزارع بود. نمونه‌ها به آزمایشگاه شیمی و تکنولوژی غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر منتقل شدند. انتخاب ارقام گندم بر اساس سطح زیر کشت بود، به‌طوری که طبق برنامه مصوب تکثیر بذر گواهی شده دیم بر اساس نیاز استان‌ها برای سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، رقم سرداری با ۲۱/۶ درصد و رقم آذر۲ با ۲۵/۵ درصد، بیشترین سهم را در تولید گندم داشتند. برای گندم‌های آبی نیز رقم چمران۲ با ۱۴/۴۹ درصد، سیروان با ۱۲/۳۸ درصد و مهرگان با ۸/۴۶ درصد، بیشترین سهم را در تولید دارا بودند (Keshavarz *et al.*, 2019). خصوصیات فیزیکوشیمیایی دانه ارقام گندم پس از برداشت و قبل از ذخیره‌سازی مورد ارزیابی قرار گرفت. مواد مورد نیاز برای انجام آزمون‌های شیمیایی از نام‌های تجاری معتبر تهیه شدند.

نمونه‌های گندم با استفاده از دستگاه بوجاری آزمایشگاهی (a/s Rationel Kornservice, Denmark) بوجاری شده و خاک، کاه و کلش، سنگ، بذور سایر گیاهان و دانه‌های شکسته جدا شدند. برای

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

جدول ۱- اسامی استان‌های محل تأمین نمونه دانه ارقام گندم (۹۸-۱۳۹۷)

Table 1. Name of provinces where grain samples of wheat cultivars were supplied (2019-20)

Wheat cultivars	ارقام گندم	Province	استان
Mehregan	مهرگان	Khuzestan	خوزستان
Chamran2	چمران۲	Khuzestan	خوزستان
Sirvan	سیروان	Semnan	سمنان
Sardari	سرداری	West Azerbaijan	آذربایجان غربی
Azar2	آذر۲	Kurdistan	کردستان

تهیه آرد کامل و آرد سبوس گرفته (درجه استخراج ۷۲ درصد) جهت ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی به‌ترتیب از آسیاب چکشی آزمایشگاهی (Laboratory Mill 3100, Germany) و آسیاب غلطکی (Brabender, Germany) استفاده شد. بخشی از نمونه‌های گندم پس از عملیات نم‌زنی، با استفاده از آسیاب فارینوگراف (Brabender, Germany) برای انجام آزمون فارینوگرافی (ارزیابی خصوصیات رئولوژیکی خمیر) آسیاب شدند. نمونه‌های یک کیلوگرمی دانه گندم در کیسه‌هایی کتانی بسته‌بندی و در انبار با قابلیت کنترل دما در دو سطح دمایی ۲۵ (دمای محیط) و ۴۵ درجه سانتی‌گراد ذخیره‌سازی شدند. دمای ذخیره‌سازی بر اساس نتایج تحقیقات قبلی (Rehman, 2006 and Rehman and Shah, 1999) انتخاب شدند. از دانه هر یک از ارقام گندم در بازه‌های زمانی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از شروع ذخیره‌سازی نمونه‌برداری شده و ویژگی‌های کیفی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول ارقام گندم (مهرگان، چمران ۲، سیروان، سرداری و آذر ۲)، عامل دوم دمای ذخیره‌سازی دانه (۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) و عامل سوم مدت زمان ذخیره‌سازی دانه (بلافاصله پس از برداشت؛ شاهد، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز) بودند.

جهت اندازه‌گیری میزان pH و اسیدیته آرد به‌ترتیب از استانداردهای شماره ۳۷ و ۱۰۳ استاندارد ملی ایران استفاده شد (Anonymous, 2018, 2019).

جهت اندازه‌گیری پروتئین و گلوتن مرطوب به‌ترتیب از استانداردهای شماره ۱۰-۴۶ و ۳۸-۱۱ انجمن شیمی‌دانان غلات آمریکا (American Association of Cereal Chemists; AACC) استفاده شد.

جهت اندازه‌گیری عدد فالینگ (فعالیت آنزیمی) از استاندارد شماره AACC ۸۱-۵۶B استفاده شد. میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در دستگاه فالینگ نامبر بر حسب ثانیه ثبت شد.

حجم رسوب زلنی یا عدد زلنی با استفاده از استاندارد شماره AACC ۵۴-۱۱ محاسبه شد. جهت آزمون ارتفاع رسوب SDS از روش کارتر و همکاران (Carter *et al.*, 1999) استفاده شد.

آزمون فارینوگراف بر اساس استاندارد شماره AACC ۵۴-۲۱ و با استفاده از دستگاه فارینوگراف (Brabender, Germany) انجام شد. فارینوگراف مقاومت خمیر در برابر مخلوط کردن را اندازه‌گیری می‌کند. از این آزمون برای ارزیابی جذب آب توسط آرد و تعیین استحکام و سایر ویژگی‌های خمیر طی مخلوط کردن استفاده می‌شود.

داده‌های ثبت شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد

نتایج نشان داد که pH آرد در ارقام گندم سیروان و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

مهرگان بیشترین و در رقم سرداری کمترین مقدار بود (جدول ۲). میزان pH نمونه‌های دانه با افزایش زمان ذخیره‌سازی کاهش یافت و بیشترین کاهش pH با گذشت زمان در هر دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد در رقم آذر۲ مشاهده شد. این موضوع را می‌توان به افزایش فعالیت آنزیمی دانه در طی مدت ذخیره‌سازی و تولید اسیدهای چرب آزاد در دانه نسبت داد (Baik and Donelson, 2018). نتایج نشان داد که در طی ۹۰ روز ذخیره‌سازی، با افزایش دما از ۲۵ به ۴۵ درجه سانتی‌گراد میزان pH کاهش یافت. در این رابطه رحمان و شاه (Rehman and Shah, 1999) تغییرات بیوشیمیایی در دانه گندم‌های ذخیره شده در دماهای ۱۰، ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد طی شش ماه ذخیره‌سازی را مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که میزان pH دانه گندم با افزایش دما و مدت ذخیره‌سازی کاهش می‌یابد. کاراوغلو و همکاران (Karaoglu *et al.*, 2010)، پیکستون و همکاران (Pixton *et al.*, 1975) گزارش دادند که میزان اسیدهای چرب آزاد و اسیدیته قابل تیتر طی مدت ذخیره‌سازی دانه گندم افزایش می‌یابد و بایک و دونلسون (Baik and Donelson, 2018) دلیل اصلی این موضوع را هیدرولیز لیپدها توسط آنزیم لیپاز عنوان کردند. لوکو و همکاران (Lukow *et al.*, 1995) نیز گزارش دادند که اسیدیته چربی غلات در طی ذخیره‌سازی برای ۱۵ ماه به صورت خطی افزایش یافت.

نتایج نشان داد که رقم سرداری بیشترین و رقم مهرگان کمترین میزان اسیدیته آرد دانه را داشتند (جدول ۲). میزان اسیدیته نمونه‌ها با افزایش مدت ذخیره‌سازی افزایش یافت و بیشترین افزایش اسیدیته در هر دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد در ارقام سرداری و آذر۲ مشاهده شد. در طی ۹۰ روز ذخیره‌سازی، با افزایش دما از ۲۵ به ۴۵ درجه سانتی‌گراد میزان اسیدیته آرد افزایش یافت و بیشترین و کمترین میزان افزایش اسیدیته با افزایش دما به‌ترتیب در دانه رقم سرداری (و آذر۲) و چمران۲ مشاهده شد (جدول ۲). در واقع در طی ذخیره‌سازی دانه گندم، میزان اسیدهای چرب آزاد و اسیدیته قابل تیتر افزایش می‌یابد که بایک و دونلسون (Baik and Donelson, 2018) دلیل اصلی این موضوع را هیدرولیز لیپدها توسط آنزیم‌های لیپاز عنوان کردند. با افزایش دما سرعت واکنش‌های شیمیایی افزایش می‌یابد، بنابراین طبیعی است که با افزایش دما سرعت افزایش اسیدیته در طی واکنش‌های درون سلولی افزایش یافته و بر میزان آن افزوده شود. در همین راستا رحمان و شاه (Rehman and Shah, 1999) تغییرات بیوشیمیایی در دانه گندم‌های ذخیره شده در دماهای ۱۰، ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد طی شش ماه ذخیره‌سازی را مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که میزان اسیدیته دانه گندم طی ذخیره‌سازی در دماهای بالاتر افزایش بیشتری داشت.

نتایج نشان داد که گندم رقم مهرگان بیشترین و رقم آذر۲ و سرداری کمترین میزان پروتئین دانه را داشتند (جدول ۲). نتایج نشان داد که میزان پروتئین نمونه‌ها با افزایش زمان ذخیره‌سازی کاهش می‌یابد و بیشترین کاهش پروتئین با گذشت زمان در هر دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد در ارقام مهرگان و سیروان مشاهده شد. در طی ۹۰ روز ذخیره‌سازی، با افزایش دما از ۲۵ به ۴۵ درجه سانتی‌گراد میزان پروتئین دانه کاهش یافت و بیشترین و کمترین میزان کاهش پروتئین با افزایش دما به‌ترتیب در ارقام مهرگان و سرداری مشاهده شد. در واقع دلیل این موضوع حذف ترکیبات تغذیه‌ای در حین تنفس و انجام واکنش‌های رایج پروتئولیتیک آنزیمی است (Mhiko, 2012). در این رابطه کیبار (Kibar, 2015) اثر شرایط ذخیره‌سازی گندم در سیلوهای فلزی را طی ۱۸۰ روز ذخیره‌سازی مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که میزان پروتئین خام آرد با افزایش دوره ذخیره‌سازی کاهش یافت. پولات

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد دانه ارقام گندم در تیمارهای دما و مدت ذخیره‌سازی

Table 2. Physicochemical properties of flour of wheat cultivars in temperature and storage duration treatments

Wheat cultivars	ارقام گندم	دما Temperature (°C)	مدت ذخیره‌سازی Storage duration (days)	پی‌اچ آرد pH	اسیدیته Acidity (volume of NaOH used)	پروتئین دانه Grain protein content (%)	عدد فالینگ Falling number (Second)
Mehregan	مهرگان	25	0	6.2±0.1a	3.11±0.04f	13.1±0.0a	269±2ce
			30	6.2±0.0a	3.24±0.00ef	12.9±0.00ef	281±3cd
			60	6.0±0.0b	3.42±0.01de	12.9±0.1a	291±0c
			90	6.0±0.0b	3.40±0.07df	12.7±0.0ab	295±3bc
		45	30	5.9±0.1bc	3.51±0.02d	12.8±0.1ab	289±1c
			60	5.8±0.1c	3.60±0.01bc	12.2±0.0bc	306±3ac
			90	5.8±0.0c	3.71±0.02cd	11.6±0.1cd	317±2ab
Chamran 2	چمران۲	25	0	6.1±0.1ab	3.31±0.00e	12.7±0.1ab	265±1cde
			30	6.1±0.0ab	3.32±0.00e	12.7±0.0ab	279±3cd
			60	6.0±0.0b	3.42±0.01de	12.5±0.0b	287±1c
			90	5.9±0.0bc	3.50±0.02d	12.3±0.0bc	295±2bc
		45	30	5.9±0.0bc	3.51±0.01d	12.3±0.1bc	299±2bc
			60	5.8±0.1c	3.60±0.01cd	12.0±0.0c	307±0abc
			90	5.8±0.0c	3.61±0.02cd	11.6±0.1cd	315±2ab
Sirvan	سیروان	25	0	6.2±0.1a	3.20±0.0ef	11.9±0.0c	2.73±2cd
			30	6.1±0.0ab	3.31±0.02e	11.9±0.1c	279±0cd
			60	6.1±0.0ab	3.32±0.01e	11.8±0.0c	285±1c
			90	6.0±0.1b	3.50±0.01d	11.5±0.1cd	291±3c
		45	30	5.9±0.0bc	3.60±0.00cd	11.6±0.1cd	287±1c
			60	5.8±0.0c	3.71±0.02c	11.1±0.0d	309±1ac
			90	5.8±0.0c	3.70±0.00c	10.5±0.2e	316±2ab
Sardari	سرداری	25	0	6.0±0.1b	3.41±0.00de	11.1±0.1d	270±2cd
			30	5.9±0.0bc	3.50±0.01d	11.1±0.1d	275±1cd
			60	5.9±0.0bc	3.50±0.01d	11.1±0.0d	289±0c
			90	5.8±0.1c	3.71±0.00c	10.9±0.1de	297±0bc
		45	30	5.8±0.1c	3.82±0.00bc	11.0±0.1d	289±0c
			60	5.6±0.0d	4.01±0.02ab	10.7±0.0de	311±0ab
			90	5.6±0.0d	4.13±0.03a	10.5±0.1e	321±2a
Azar 2	آذر۲	25	0	6.1±0.1ab	3.33±0.00e	11.0±0.1d	257±1e
			30	5.9±0.1bc	3.52±0.00d	11.0±0.0d	268±4ce
			60	5.9±0.0bc	3.50±0.01d	11.0±0.0d	277±2cd
			90	5.8±0.1c	3.61±0.01cd	10.8±0.1de	286±3c
		45	30	5.8±0.0c	3.72±0.02c	10.8±0.0de	274±1cd
			60	5.7±0.0cd	3.91±0.00b	10.5±0.0e	289±2c
			90	5.7±0.0cd	4.02±0.01ab	10.4±0.0e	298±0bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

(Polat, 2013) نیز گزارش کرد که میزان پروتئین خام آرد در شرایط مختلف ذخیره‌سازی با افزایش زمان ذخیره‌سازی کاهش می‌یابد. همان‌گونه که در قبل نیز اشاره شد با افزایش دما سرعت واکنش‌های شیمیایی افزایش می‌یابد، بنابراین سرعت کاهش میزان پروتئین در طی واکنش‌های درون سلولی افزایش و از میزان آن کاسته می‌شود. در این رابطه کاراوغلو و همکاران (Karaoglu *et al.*, 2010) و سریوستاوا و رائو (Srivastava and Rao, 1994) گزارش کردند که با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی غلات در دما و رطوبت بالا، کاهش قابل ملاحظه‌ای در کیفیت آنها اتفاق می‌افتد. افزایش جزئی در دما و رطوبت باعث افزایش تنفس در سلول‌های ذخیره و همچنین افزایش تنفس آفات انباری خواهد شد که این موضوع باعث افزایش دمای توده گندم ذخیره شده می‌شود (Mhiko, 2012).

عدد فالینگ یک شاخص برای فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و نشان دهنده میزان شکسته شدن مولکول نشاسته در طی فعالیت‌های آنزیمی است (Karaoglu *et al.*, 2010) و بیشتر با شرایط ذخیره‌سازی دانه ارتباط دارد. عدد فالینگ در سیلوها تحت تأثیر دما و رطوبت نسبی محیط سیلو قرار می‌گیرد (Kibar, 2015). بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، در ابتدا (قبل از شروع ذخیره‌سازی) دانه گندم رقم آذر۲ کمترین عدد فالینگ و دانه رقم سیروان بیشترین عدد فالینگ را داشتند. عدد فالینگ نمونه‌ها با افزایش مدت و دمای ذخیره‌سازی افزایش یافت. افزایش عدد فالینگ در طی ذخیره‌سازی ناشی از کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (Gonzalez Torralba *et al.*, 2013; Ji and Baik, 2016) و احتمالا تغییر در ویژگی‌های ژلاتیناسیون نشاسته (در مدت زمان انجام آزمون) می‌باشد (Lukow *et al.*, 1995). میکو (Mhiko, 2012) کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز را به افزایش محتوای قارچ و کپک‌ها در طول دوره خواب نسبت داد. او عنوان داشت که قارچ‌ها از مواد مغذی جوانه گندم استفاده کرده و این موضوع باعث کاهش انرژی جوانه‌زنی گندم شده و از این‌رو فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نیز کاهش می‌یابد. به‌علاوه این احتمال وجود دارد که با گذشت زمان ذخیره‌سازی به دلیل تغییرات جزئی در ساختمان جایگاه فعال آنزیم و همچنین افزایش میزان مصرف سوبسترای آنزیم توسط قارچ‌ها و کپک‌ها، عدد فالینگ افزایش می‌یابد (Ji and Baik, 2016). در این رابطه گونزالزتورالبا و همکاران (Gonzalez Torralba *et al.*, 2013) گزارش دادند که افزایش بیش از حد عدد فالینگ ممکن است روی فرآیند پخت اثر منفی داشته باشد، زیرا کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز می‌تواند باعث کاهش سرعت فرایند تخمیر شود. سریوستاوا و رائو (Srivastava and Rao, 1994)، کاراوغلو و همکاران (Karaoglu *et al.*, 2010) و گونزالزتورالبا و همکاران (Gonzalez Torralba *et al.*, 2013) نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند.

نتایج نشان داد که میزان گلوتن مرطوب نمونه‌ها در هر دو دمای ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش مدت ذخیره‌سازی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. در طی ۹۰ روز ذخیره‌سازی، با افزایش دما از ۲۵ به ۴۵ درجه سانتی‌گراد، میزان گلوتن مرطوب ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت (جدول ۳). با افزایش زمان ذخیره‌سازی، کاهش میزان پروتئین در اثر هیدرولیز آنزیمی و افزایش میزان پروتئین‌های محلول، از عوامل کاهش میزان گلوتن مرطوب می‌باشند (Baik and Donelson, 2018). نتایج این پژوهش مطابق یافته‌های کاراوغلو و همکاران (Karaoglu *et al.*, 2010) می‌باشد. این محققان گزارش دادند که میزان گلوتن مرطوب با افزایش زمان ذخیره‌سازی گندم کاهش یافت که این موضوع همان‌گونه که توضیح داده شد، به دلیل تشدید واکنش‌های هیدرولیز آنزیمی داخل سلولی می‌باشد. با افزایش دما سرعت انجام واکنش‌های شیمیایی بیشتر شده و در نتیجه سرعت کاهش

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

میـزان گلـوتن مرطـوب در طـی واکـنش‌هـای درون سـلولی افـزایش یافتـه و در نهایـت از میـزان آن کاسـته مـی‌شـود. در ایـن خصـوص کـاراوغلو و همکـاران (Karaoglu *et al.*, 2010) و سریواسـتاوا و رائـو (Srivastava and Rao, 1994) گـزارش کردنـد کـه بـا افزایش زمان انیارداری غلات در شرایط دمـا و رطوبـت بـالا، کـاهش قابـل ملاحظـه‌ای در کیفیـت غـلات اتفاق می‌افتد.

جدول ۳- ویژگی‌های گلوتن دانه ارقام گندم در تیمارهای دما و مدت ذخیره‌سازی

Table 3. Properties of gluten of wheat cultivars in temperature and storage duration treatments

Wheat cultivars	ارقام گندم	دما Temperature (°C)	مدت ذخیره‌سازی Storage duration(days)	گلوتن مرطوب Wet gluten(%)	حجم رسوب زلنی Zeleny (ml)	ارتفاع رسوب SDS (mm)
Mehregan	مهرگان	25	0	28.1±0.0a	24.0±0.0bc	68.0±0.0ac
			30	28.9±0.1a	24.0±0.0bc	69.0±0.0ab
			60	30.9±0.1a	26.1±0.1ab	71.1±0.1a
			90	29.7±0.0ab	25.0±0.0b	65.1±0.0c
		45	30	30.1±0.1a	27.0±0.1a	72.0±0.0a
			60	27.8±0.1b	24.0±0.1bc	64.0±0.0c
			90	24.0±0.0c	23.2±0.0c	61.1±0.1d
Chamran 2	چمران۲	25	0	23.0±0.1cd	22.0±0.0cd	64.1±0.0c
			30	23.3±0.1cd	22.0±0.0cd	66.0±0.0bc
			60	25.1±0.0c	23.1±0.1c	68.1±0.0abc
			90	24.0±0.3c	22.3±0.3cd	66.0±0.0bc
		45	30	24.9±0.1c	24.0±0.1bc	69.1±0.1ab
			60	22.0±0.2cd	23.0±0.1c	63.0±0.1cd
			90	20.0±0.0de	21.3±0.5cd	60.0±0.1d
Sirvan	سیروان	25	0	21.2±0.0d	19.3±0.3e	55.1±0.0e
			30	22.0±0.0cd	20.0±0.0de	55.0±0.1e
			60	23.0±0.2cd	20.1±0.1de	58.0±0.0de
			90	22.6±0.0cd	20.0±0.0de	56.0±0.0e
		45	30	23.0±0.1cd	21.0±0.1d	58.1±0.1de
			60	21.0±0.1d	19.0±0.0e	53.0±0.1f
			90	19.0±0.0e	18.0±0.1ef	50.1±0.1fg
Sardari	سرداری	25	0	19.8±0.0de	18.0±0.0ef	50.0±0.0fg
			30	20.4±0.2d	19.3±0.3e	51.2±0.1fg
			60	21.0±0.2d	19.0±0.1e	53.0±0.0f
			90	20.8±0.3d	19.0±0.0e	51.1±0.0fg
		45	30	21.2±0.1d	20.0±0.1de	53.0±0.1f
			60	20.7±0.2d	19.0±0.0e	48.5±0.5g
			90	18.9±0.0e	18.0±0.0ef	45.0±0.2h
Azar 2	آذر۲	25	0	19.5±0.1de	18.0±0.0ef	51.0±0.3fg
			30	20.6±0.0d	19.1±0.0e	51.0±0.1fg
			60	21.0±0.2d	19.0±0.1e	52.7±0.2f
			90	21.0±0.1d	18.1±0.3ef	53.0±0.0f
		45	30	21.8±0.2cd	19.0±0.1e	49.3±0.1g
			60	20.6±0.2d	18.0±0.1ef	45.0±0.1h
			90	19.1±0.1e	17.3±0.1f	50.6±0.2fg

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range test

آزمون رسوب زلنی یک روش سـریع جهـت تعیـین کیفیت پخت آرد گندم محسوب می‌شـود. ایـن آزمـون

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

مربوط به ارتباط بین قدرت پخت و توانایی واکنش آرد و پروتئین‌های ذخیره‌ای آن با دو محلول زلنی است و نتیجه آن نشان دهنده عملکرد کیفی و کمی گلوتن خمیر است (Karaoglu *et al.*, 2010). حجم رسوب زلنی به هر دو عامل کیفیت و کمیت گلوتن و همچنین شرایط ذخیره‌سازی وابسته است، بنابراین با توجه به نتایج ارزیابی اندیس گلوتن، قابل پیش‌بینی بود که حجم رسوب زلنی نیز روند مشابهی با گلوتن داشته باشد. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود گندم رقم مهرگان بیشترین و دو رقم سرداری و آذر۲ کمترین میزان حجم رسوب زلنی را داشتند. نتایج نشان داد که با افزایش مدت ذخیره‌سازی تا ۶۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، اختلاف معنی‌داری حجم رسوب زلنی مشاهده نشد و پس از آن کاهش یافت. در مدت ذخیره‌سازی نمونه‌ها در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد نیز تنها در مدت ۳۰ روز حجم رسوب زلنی افزایش و پس از آن کاسته شد. کیبار (Kibar, 2015) علت این موضوع را به کاهش میزان پروتئین و فعالیت پروتئولیتیک آنزیم‌ها نسبت داده است. در این رابطه بنی‌اسدی و همکاران (Baniasadi *et al.*, 2005) اثر زمان مناسب انبارمانی را روی دانه ارقام گندم سرداری، آذر۲، دز، شورا و استار که به صورت دیم کاشته شده بودند مورد بررسی قرار دادند. دانه‌های گندم به مدت سه ماه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ذخیره‌سازی شدند. نتایج نشان داد که حجم رسوب زلنی، جذب آب، اندیس گلوتن و حجم نان مربوط به ارقام سرداری و آذر۲ در طی دو ماه انباداری به مقدار بیشینه رسید و بعد از آن از مقدار این شاخص‌ها کاسته شد. آنها این موضوع را به اکسیداسیون طبیعی زیر واحدهای گلوتن و ایجاد پیوندهای دی‌سولفیدی در بین زیر واحدهای گلوتنین در دانه گندم نسبت داده و گزارش دادند که در ادامه به‌دلیل کاهش میزان پروتئین و فعالیت پروتئولیتیک آنزیم‌ها، مقدار این شاخص‌ها کاهش یافت. شایان ذکر است که با افزایش زمان خواب، مقدار اسیدهای چرب غیراشباع در اثر فعالیت آنزیم‌های لیپاز افزایش می‌یابد. به‌علاوه در اثر فعالیت آنزیم لیپوکسیداز و لیپوکسی‌ژناز، اسیدهای چرب غیراشباع اکسید شده و به هیدروپروکسید تبدیل می‌شوند. در اثر تجزیه هیدروپراکسید، اکسیژن آزاد می‌شود که باعث اکسید شدن گروه سولفیدریل گلوتن و ایجاد پل دی‌سولفید و افزایش کیفیت گندم می‌شود (Baniasadi *et al.*, 2005).

نتایج نشان داد که در ابتدای آزمایش (قبل از شروع ذخیره‌سازی) دانه گندم رقم مهرگان بیشترین و دانه رقم سرداری کمترین میزان ارتفاع رسوب SDS را داشتند. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ارتفاع رسوب SDS نمونه‌ها با افزایش زمان ذخیره‌سازی تا ۶۰ روز افزایش و پس از آن کاهش یافت (جدول ۳). آزمون ارتفاع رسوب SDS یک آزمون مفید، قابل قبول و سریع در برنامه‌های اصلاحی گندم جهت پیش‌بینی قدرت گلوتن و کیفیت پخت محسوب می‌شود (Carter *et al.*, 1999). بایک و دونلسون (Baik and Donelson, 2018) کاهش ارتفاع رسوب SDS را یک شاخص برای کاهش قدرت پروتئین طی ذخیره‌سازی گزارش کردند. آنها عنوان کردند که با افزایش زمان ذخیره‌سازی، میزان پروتئین دانه در اثر هیدرولیز آنزیمی کاهش و میزان پروتئین‌های محلول دانه افزایش یافته و این موضوع باعث کاهش ارتفاع رسوب SDS می‌شود. با توجه به این مطالب و همانطور که انتظار می‌رفت، تغییرات ارتفاع رسوب SDS طی مدت ذخیره‌سازی همانند نتایج آزمون اندیس زلنی بود، زیرا این آزمون همانند آزمون زلنی، نشان دهنده میزان و قدرت پروتئین دانه گندم است (Pasha *et al.*, 2007).

ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر

جذب آب یکی از خواص مرتبط با کیفیت آرد است که با استفاده از دستگاه فارینوگراف اندازه‌گیری می‌شود. مقدار آب مورد نیاز برای رسیدن خمیر به قوام مناسب در اولین نقطه‌ای که مرکز منحنی به خط ۵۰۰

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

واحد فارینوگراف می‌رسد، میزان جذب آب توسط آرد را مشخص می‌کند. به طور کلی آردهای قوی با مقدار و کیفیت گلوتن بالا، آردهای با درجه استخراج بالا، آردهای نرم (با اندازه ذرات ریز)، آردهای با درصد پایین نشاسته آسیب‌دیده و با مقدار پنتوزان بالا و آردهای رسیده (کهنه)، جذب آب بالایی دارند (Peighambardoust, 2017). طبیعی است که هرچه نمونه‌های مورد آزمون دارای مقدار کمتری از شاخص‌های موثر در افزایش جذب آب توسط آرد برخوردار باشند، میزان جذب آب آرد نیز در آن‌ها کاهش می‌یابد. نتایج مربوط به رقم گندم، دما و مدت زمان ذخیره‌سازی بر میزان جذب آب آرد طی آزمون فارینوگرافی نشان داد که گندم رقم مهرگان بیشترین و رقم آذر۲ کمترین میزان جذب آب را داشتند. همچنین پس از دوره رسیدگی، میزان جذب آب نمونه‌ها با افزایش زمان ذخیره‌سازی افزایش یافت که البته این افزایش تنها در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به نتایج ارزیابی میزان پروتئین و گلوتن مرطوب دانه، گندم رقم مهرگان به دلیل اینکه از پروتئین و گلوتن مرطوب دانه بیشتری برخوردار بود، جذب آب در آرد آن بیشتر از سایر ارقام بود. در رابطه با تأثیر میزان گلوتن در جذب آب آرد مرادی و همکاران (Moradi *et al*., 2010) و محترمی و همکاران (Mohtarami *et al*., 2015) گزارش نمودند که آرد قوی جذب آب بیشتری نسبت به آرد ضعیف داشته و علت این پدیده به کیفیت بالای پروتئین آرد قوی مربوط است که قابلیت حفظ و جذب رطوبت بالاتری دارد. در رابطه با عدم تأثیر مدت زمان ذخیره‌سازی بر جذب آب آرد شهمیری و همکاران (Shahmiri *et al*., 2016) اثر شرایط ذخیره‌سازی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و فارینوگرافی سه نوع آرد گندم (نول، ستاره، سبوس گرفته) را که در شرایط محیطی در دو فصل تابستان و پاییز (به مدت شش ماه) ذخیره‌سازی شده بودند مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که میزان جذب آب آرد با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی به صورت غیرمعنی‌دار افزایش یافت که مؤید نتایج این پژوهش می‌باشد.

در رابطه با تأثیر دمای ذخیره‌سازی بر میزان جذب آب آرد، به نظر می‌رسد که در مدت ذخیره‌سازی دانه گندم از رطوبت آن کاسته می‌شود و این موضوع باعث افزایش توانایی جذب آب آرد می‌شود. بنابراین طبیعی است هرچه دمای ذخیره‌سازی بیشتر باشد، رطوبت بیشتری از دانه‌ها خارج شده و در نتیجه توانایی جذب آب نیز افزایش می‌یابد. در این رابطه کاراغلو (Karaoglu, 2011) اثر نوع ذخیره‌سازی گندم (به صورت سنبله و دانه‌شده) با محتوای رطوبت متفاوت دانه‌ها (۱۲، ۱۴ و ۱۶ درصد)، زمان‌های ذخیره‌سازی (صفر، ۳، ۶ و ۹ ماه) و دما (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) روی خواص رئولوژیکی خمیر را مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که با افزایش رطوبت دانه، میزان جذب آب خمیر کاهش می‌یابد و این کاهش در دماهای ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر است. با توجه به نتایج ارزیابی پروتئین و گلوتن مرطوب مشخص است که با افزایش دما از میزان این شاخص‌ها کاسته شده است که این موضوع دلیل دیگری در ارتباط با کاهش جذب آب آرد می‌باشد.

مدت زمان لازم از شروع مخلوط کردن خمیر تا رسیدن منحنی فارینوگرام به اولین نقطه بیشینه را زمان توسعه خمیر می‌نامند (Peighambardoust, 2017). در مدت زمان توسعه خمیر جذب آب توسط آرد کامل شده و شبکه گلوتنی خمیر در اثر نیروهای مکانیکی وارد شده در جریان مخلوط کردن بخوبی تشکیل شده و گرانول‌های نشاسته را در خود محصور می‌کنند (Peighambardoust, 2006). نتایج نشان داد که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد زمان توسعه خمیر نمونه‌ها با افزایش مدت ذخیره‌سازی افزایش یافت. در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد زمان توسعه خمیر نمونه‌ها با افزایش مدت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

جدول ۴- ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر ارقام گندم در تیمارهای دما و مدت ذخیره‌سازی

Table 4. Farinograph properties of dough of wheat cultivars in temperature and storage duration treatments

Wheat cultivars	ارقام گندم	دما Temperature (°C)	مدت ذخیره‌سازی Storage duration (days)	جذب آب Water absorption (%)	زمان توسعه خمیر Dough development time (minute)	زمان پایداری خمیر Dough stability time (minute)	درجه نرم شدن خمیر Degree of dough softening (Brabender) 10 min	20 min	ارزش والوریمتری (-) Valorimetric value
Mehregan	مهرگان	25	0	66.3±0.2b	3.2±0.0ab	7.1±0.0ab	56±2cd	84±2cd	67±3ab
			30	66.4±0.6b	3.2±0.1ab	7.1±0.1ab	55±1cd	81±2cd	68±2ab
			60	66.7±0.1b	3.3±0.0a	7.3±0.0a	49±2d	77±1cd	71±1a
			90	66.9±0.0b	3.3±0.0a	7.3±0.0a	51±1d	79±2cd	70±0a
		45	30	66.4±0.2b	3.3±0.0a	7.3±0.0a	47±2cd	74±1d	73±0a
			60	68.1±0.0ab	3.1±0.2ac	7.0±0.2ab	59±0cd	87±0cd	64±1b
			90	69.5±0.3a	2.9±0.0c	6.7±0.2c	66±1c	92±0bd	59±4bd
Chamran 2	چمران۲	25	0	65.7±0.0b	3.1±0.1ac	7.0±0.2ab	68±0c	97±0bc	65±2b
			30	65.8±0.1b	3.1±0.1ac	7.0±0.1ab	68±1c	96±3bc	65±3b
			60	66.0±0.0b	3.2±0.0ab	7.1±0.1ab	66±1c	92±1bd	68±0ab
			90	66.2±0.0bc	3.2±0.1ab	7.1±0.0ab	68±1c	93±1bd	67±1ab
		45	30	66.2±0.2bc	3.2±0.0ab	7.1±0.0ab	65±1c	91±2bd	69±1ab
			60	66.8±0.2b	3.1±0.2ac	7.0±0.1ab	69±0c	98±4bc	64±3b
			90	67.9±0.1ab	2.8±0.1cd	6.6±0.0cd	78±3bc	102±2bc	58±4bd
Sirvan	سیروان	25	0	64.1±0.0c	2.9±0.0c	6.8±0.1bc	84±3b	112±0b	61±2bc
			30	64.3±0.0c	3.0±0.0bc	6.8±0.1bc	82±2ac	110±2bc	62±2bc
			60	64.9±0.2bc	3.1±0.1ac	6.9±0.2bc	79±0bc	108±1bc	63±2bc
			90	65.1±0.0bc	3.0±0.2bc	6.9±0.1bc	79±0bc	109±0bc	62±2bc
		45	30	64.9±0.0bc	3.1±0.0ac	7.0±0.0ab	78±0bc	108±3bc	65±0bc
			60	66.0±0.0b	2.8±0.1cd	6.6±0.0cd	88±2b	115±2b	57±2bd
			90	66.8±0.1b	2.6±0.1de	6.4±0.0d	91±1b	121±2b	54±0cd
Sardari	سرداری	25	0	62.5±0.2cd	2.8±0.1cd	6.7±0.0c	115±2ab	146±2ab	47±2de
			30	62.7±0.1cd	2.8±0.0cd	6.7±0.1c	115±4ab	145±2ab	47±2de
			60	63.0±0.0cd	2.9±0.1c	6.8±0.1bc	113±3ab	143±0ab	49±1d
			90	63.2±0.1cd	2.8±0.2cd	6.7±0.1c	115±0ab	145±0ab	47±2de
		45	30	63.1±0.1cd	2.9±0.0c	6.8±0.1bc	112±3ab	141±3ab	50±0d
			60	64.0±0.0c	2.7±0.0ce	6.4±0.0d	122±5a	152±2a	44±2df
			90	64.9±0.0bc	2.5±0.1e	6.4±0.1d	123±3a	154±0a	43±1df
Azar 2	آذر۲	25	0	61.4±0.2d	2.8±0.0cd	6.7±0.2c	116±1ab	146±0ab	37±2ef
			30	61.7±0.1d	2.8±0.1cd	6.7±0.1c	115±2ab	145±2ab	37±1ef
			60	63.1±0.1cd	2.9±0.2c	6.8±0.1bc	113±3ab	143±4ab	38±1ef
			90	63.3±0.1cd	2.8±0.2cd	6.7±0.2c	114±2ab	145±2ab	36±3ef
		45	30	63.0±0.4cd	2.9±0.1c	6.8±0.0bc	112±3ab	142±2ab	30±1f
			60	63.9±0.0c	2.7±0.1ce	6.5±0.1cd	123±2a	154±2a	34±0ef
			90	64.8±0.0bc	2.5±0.1e	6.5±0.0cd	123±0a	155±5a	33±0ef

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

زمان ذخیره‌سازی تا ۳۰ روز افزایش و بعد از آن کاهش یافت. در بین ارقام گندم دانه رقم مهرگان بیشترین و رقم آذر ۲ کمترین زمان توسعه خمیر را داشتند. با توجه به اهمیت گلوتن در این آزمون طبیعی است که رقم مهرگان به دلیل دارا بودن میزان گلوتن و حجم رسوب زلنی بیشتر نسبت به سایر ارقام دارای زمان توسعه بیشتری باشد که این موضوع با نتایج ارزیابی میزان گلوتن مرطوب و حجم رسوب زلنی مطابقت دارد.

پایداری بالاتر خمیر از شاخص‌های دیگر فارینوگرام است که برای مقایسه قوت یا ضعف آردهای مختلف به کار می‌رود (Peighambardoust, 2017). در مدت زمانی که منحنی فارینوگرام روی خط ۵۰۰ باقی می‌ماند، شبکه گلوتنی ویژگی‌های ویسکوالاستیک خود را بدست آورده و حفظ می‌کند و خواص عملکردی (قابلیت فرم‌پذیری و تحمل نیروهای مکانیکی و نگهداری گاز) مطلوبی دارد (Peighambardoust *et al*., 2007). نتایج نشان داد که در بین ارقام گندم مورد بررسی رقم مهرگان و چمران ۲ بیشترین و رقم آذر ۲ کمترین زمان پایداری خمیر را داشتند. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد زمان توسعه خمیر نمونه‌ها با افزایش مدت ذخیره‌سازی تا ۶۰ روز افزایش یافت. در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد زمان توسعه خمیر نمونه‌ها با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی تا ۳۰ روز افزایش و بعد از آن کاهش یافت. با توجه به اهمیت گلوتن در این آزمون طبیعی است که رقم مهرگان به دلیل برخورداری از میزان گلوتن و حجم رسوب زلنی بیشتر نسبت به سایر نمونه‌ها، دارای زمان پایداری بیشتری باشد که این موضوع با نتایج ارزیابی میزان گلوتن مرطوب و حجم رسوب زلنی مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که در بین ارقام گندم رقم مهرگان کمترین و رقم آذر۲ بیشترین درجه نرم شدن خمیر (در هر دو بازه زمانی ۱۰ و ۲۰ دقیقه) را داشتند. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد میزان نرم شدن خمیر نمونه‌ها (در هر دو بازه زمانی ۱۰ و ۲۰ دقیقه) با افزایش مدت ذخیره‌سازی تا ۶۰ روز کاهش یافت. در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد درجه نرم شدن خمیر نمونه‌ها (در هر دو بازه زمانی ۱۰ و ۲۰ دقیقه) با افزایش مدت ذخیره‌سازی تا ۳۰ روز کاهش و بعد از آن افزایش یافت. مقدار کاهش قوام خمیر محاسبه شده از مرکز منحنی فارینوگرام در نقطه‌ای که دقیقاً ۱۰ و ۲۰ دقیقه از زمان اولین افزودن آب سپری شده باشد تا خط ۵۰۰ واحد فارینوگراف را درجه نرم شدن خمیر می‌نامند. هرچه این عدد بزرگتر باشد نشان‌دهنده ضعیف بودن آرد و تحمل کمتر آن در برابر عملیات مکانیکی مخلوط کردن است (Peighambardoust, 2017). در این رابطه اکبری راد و همکاران (Akbari Rad *et al*., 2010) بیان داشتند که پایین بودن درجه نرم شدن نشان می‌دهد که با افزایش مقدار گلوتن، استحکام خمیر بیشتر شده و دیرتر از خط مورد نظر خارج می‌شود. هرچه خمیر دیرتر خارج شود، زمان تکامل خمیر و ثبات آن نیز افزایش می‌یابد. با توجه به اهمیت میزان و کیفیت گلوتن در این آزمون طبیعی است که رقم مهرگان به دلیل برخورداری از میزان گلوتن و حجم رسوب زلنی بیشتر نسبت به سایر ارقام از کمترین درجه نرم شدن خمیر در زمان‌های ۱۰ و ۲۰ دقیقه بعد از شروع آزمون برخوردار باشد. باید بخاطر داشت که اثر مدت زمان ذخیره‌سازی بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر غیر مستقیم است، یعنی با گذشت زمان احتمال تشکیل پیوندهای دی سولفیدی بیشتر شده و در نتیجه ویژگی‌هایی مانند مقاومت خمیر، زمان گسترش خمیر و غیره بیشتر می‌شوند.

برای بیان قوت آرد به صورت یک عدد واحد از شاخصی به نام ارزش والوریمتری استفاده می‌شود. بررسی همبستگی بین مولفه‌های فارینوگرافی خمیر نشان داد که ارزش والوریمتری به‌جز درصد آب آرد، با سایر ویژگی‌های فارینوگرافی همبستگی معنی‌داری دارد که نشان دهنده توانایی این مولفه بدون در نظر گرفتن سایر مولفه‌ها جهت قضاوت در مورد کیفیت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

آرد است. آردهای قوی ارزش والوریمتری بالایی دارند. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۴ در بین ارقام گندم مورد بررسی دانه گندم رقم مهرگان بیشترین و دانه گندم رقم آذر ۲ کمترین میزان ارزش والوریمتری را داشتند و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ارزش والوریمتری نمونه‌ها با افزایش مدت ذخیره‌سازی تا ۶۰ روز افزایش یافت. در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد ارزش والوریمتری نمونه‌ها با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی تا ۳۰ روز افزایش و بعد از آن کاهش یافت. با توجه به اهمیت درصد گلوتن تر در این آزمون دانه گندم رقم مهرگان به دلیل برخورداری از میزان گلوتن تر و حجم رسوب زلنی بیشتر نسبت به سایر ارقام گندم، دارای ارزش والوریمتری بیشتری بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به برنامه‌های مدیریت زراعی جهت بهبود ویژگی‌های کیفی دانه ارقام گندم تولیدی و تحویل محصولی متناسب با صنایع مختلف به کارخانجات تولید آرد، بدیهی است که باید تمهیدات مناسب جهت ذخیره‌سازی دانه گندم در مراکز خرید دولتی و بخش خصوصی و همچنین واحدهای صنعتی تولید آرد در نظر گرفته شود. نتایج این پژوهش به وضوح نشان داد که تغییرات دمایی و مدت زمان ذخیره‌سازی طی مرحله رسیدگی دانه گندم نقش مهمی در ویژگی‌های مربوط به کیفیت نانوایی ازجمله کمیت و کیفیت گلوتن دارند که به تبع آن خصوصیات رئولوژیکی خمیر نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند. تغییرات مثبتی که در طی رسیدگی در دانه‌ها و ارقام ضعیف‌تر ایجاد می‌شود، می‌تواند به برنامه‌ریزی اصولی در ذخیره‌سازی دانه و مصرف آرد حاصل از این ارقام کمک کند و باعث بهبود ویژگی‌های کیفی متناسب با ذائقه مصرف‌کنندگان ایرانی شود.

سپاسگزاری

از بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بابت حمایت و در اختیار گذاشتن امکانات اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (10th Ed.) Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. USA.

Akbari Rad, M., G. Najafian., M. Esmailzadeh Moghadam and M. Khodarahmi. 2010. Study of genetic variation in baking quality related characteristics in bread wheat advanced lines and commercial cultivars. Iran. J. Crop Sci. 2(12): 213-226. (In Persian with English abstract).

Anonymous. 2018. Wheat flour specification and test methods. Iranian National Standard No. 103. (In Persian).

Anonymous. 2019. Biscuit- Specifications and test methods. Iranian National Standard No. 37. (In Persian).

Baik, B. K. and T. Donelson. 2018. Postharvest and post milling changes in wheat grain and flour quality characteristics. Cereal Chem. 95(1): 141-148.

Baniasadi, A., M. H. Azizi and M. A. Sahari. 2005. Determination of suitable storage time for some kind of wheat for improving baking quality. J. Food Sci. Technol. 2(3): 9-19. (In Persian with English abstract).

Carter, B. P., C. F. Morris and J. A. Anderson. 1999. Optimizing the SDS sedimentation test for end-use quality selection in a soft white and club wheat breeding program. Cereal Chem. 76(6): 907–911.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

Gallagher, E., T. R. Gormleya and E. K. Arendtbm. 2004. Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. Food Sci. Technol. 15: 143-152.

Gonzalez Torralba, J., S. Arazuri., C. Jaren and L. M. Arregui. 2013. Influence of temperature and RH during storage on wheat bread making quality. J. Store. Prod. Res. 55: 134-144.

Gray, J. A. and J. N. Bemiller. 2003. Bread staling: molecular basis and control. Comp. Rev. Food Sci. Food Saff. 2: 1–21.

Ji, T. and B. K. Baik. 2016. Storage conditions affecting increase in falling number of soft red winter wheat grain and the impact on a-amylase activity. Cereal Chem. 93: 263–267

Kamboj, U., P. Guha and S. Mishra. 2018. Changes in rheological properties of wheat due to storage. J. Sci. Food Agric. 98(4): 1374-1380.

Karaoglu, M. M., M. Aydeniz., H. G. Kotancilar and K. E. Gercelaslan. 2010. A comparison of the functional characteristics of wheat stored as grain with wheat stored in spike form. Int. J. Food Sci. Technol. 45: 38–47.

Karaoglu, M. M. 2011. Dough characteristics of wheat flour milled from wheat grains stored in spike form. Int. J. Food Sci. Technol. 46: 1905–1911.

Keshavarz, A., A. Esfandyaripour, M. Ahmadifar, Y. Yosefi and J. Zarei. 2019. Wheat seed multiplication and supplying program. Agricultural Education and Extension Publications. (In Persian).

Kibar, H. 2015. Influence of storage conditions on the quality properties of wheat varieties. J. Store. Prod. Res. 62: 8-15.

Lukow, O. M., N. D.G. White and R. N. Sinha. 1995. Influence of ambient storage conditions on the bread making quality of two hard red spring wheats. J. Stored Prod. Res. 31: 279-289.

Lukow O. M. and N. D. White. 1997. Influence of ambient storage condition on the bread making quality of two HRS wheats. J. Stored Prod. Res. 31: 279–289.

Mhiko, T. A. 2012. Determination of the causes and the effects of storage conditions on the quality of silo stored wheat (*Triticum aestivum*) in Zimbabwe. Nat. Prod. Bioprospect. 2: 21-28.

Mohtarami, F., M. Esmaiili., M. Alizadeh and S. M. Seyedain Ardabili. 2015. Improvement of the rheological properties of dough using transglutaminase and asparaginase enzymes, whey powder and inulin. Iran. Food Sci. Technol. Res. J. 11(4): 445-457. (In Persian with English abstract).

Moradi, V., B. Ghiassi Tarzi., S. M. Seyyedain Ardebili and R. Azizinejad. 2010. The assessment and comparison of the quality of Iranian commercial flours glutens by alveograph and farinograph methods. Food Technol. Nutr. 7(2): 51-58. (In Persian with English abstract).

Móré, M., G. Diósi., P. Sipos and Z. Gyori. 2015. Investigation of rheological properties of winter wheat varieties during storage. Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria, 8: 63-69.

Pasha, I., F. M. Anjum., M. S. Butt and J. I. Sultan. 2007. Gluten quality prediction and correlation studies in

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

spring wheats. J. Food Qual. 30: 438–449.

Peighambardoust, S. H. 2006. Development of dough under shear flow. PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.

Peighambardoust, S. H. 2017. Rheology Test Methods: Wheat, Flour and Dough: Amidi Publications (In Persian).

Peighambardoust, S. H., S. Van Brenk., A. J. Van der Good., R. J. Hamer and R. M. Boom. 2007. Dough processing in a Couette type device with varying eccentricity: effect on glutenin nacro polymer properties and dough microstructure. J. Cereal Sci. 45: 34-48.

Pixton, S. W., S. Warburton and S. T. Hill. 1975. Long-term storage of wheat-III: Some changes in the quality of wheat observed during 16 years of storage. J. Stored Prod. Res. 11: 177–185.

Polat, H. E. 2013. Integration the effects of different storage types on nutritional quality characteristics of some feedstuffs. J. Food Agric. Environ. 11: 897-903.

Rehman, Z. U. and W. H. Shah. 1999. Biochemical changes in wheat during storage at three temperatures. Plant Foods Hum. Nutr. 54: 109-117.

Rehman, Z. 2006. Storage effects on nutritional quality of commonly consumed cereals. Food Chem. 95: 53-57.

Shahmiri, E., S. M. Seyedain Ardebili., S. E. Hosseini and R. Aghagholizadeh. 2016. Effect of storage conditions on physicochemical and farinography characteristics of wheat flour. J. Food Sci. Technol. 51(13): 89-102. (In Persian with English abstract).

Srivastava, A. K and P. H. Rao. 1994. Changes in the functional characteristics of wheat during high temperature storage. J. Food Sci. Technol. 31: 36-39.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]

Effect of temperature and post-harvest storage duration on flour quality and dough rheological properties of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars

Naghipour, F.[1], G. Najafian[2] and M. Esmaeilzadeh Moghadam[3]

ABSTRACT

Naghipour, F., G. Najafian and M. Esmaeilzadeh Moghadam. 2022. Effect of temperature and post-harvest storage duration on flour quality and dough rheological properties of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences. 24(1): 34-49. (In Persian).**

Management of storage conditions can affect bread wheat grain quality that may lead to improvement of flour qualityand balancing rheological properties of dough. Therefore, controlling the storage conditions as well as the storage duration of bread wheat grain has a significant role in the flour quality and rheological properties of dough. The aim of this study was to investigate the effect of storage temperature (25 °C and 45 °C) and post-harvest storage duration (0, 30, 60 and 90 days after harvest), on flour quality characteristics, enzymatic and rheological properties of e dough of five bread wheat cultivars (Mehregan, Chamran2, Sirvan, Sardari and Azar2). The experiment was conducted as factorial arrangements in completely randomized design with three replications at the Seed and Plant Improvement Institute, Kraj, Iran, in 2018. The results showed that flour protein content and pH decreased with increasing storage temperature and duration, while acidity and falling number increased. On the other hand, by increasing storage duration up to 60 days after harvest at 25 °C and storage duration up to 30 days at 45 °C, wet gluten, Zeleny sedimentation volume and SDS sedimentation height increased in all bread wheat cultivars, and then decreased. The results of evaluation of farinographic properties of dough of bread wheat cultivars showed thatwater absorption increased with increasing storage temperature and duration. Also at 45 and 25 °C the development time, stability time and valorimetric value of dough increased over time up to 30 and 60 days, respectively, and then the value of parameters decreased. Whereas the degree of dough softening decreased at 25 °C and 45°C over the storage duration until the 30 and 60 days after harvest, and then increased. In conclusion, considering the results of this experiment, for optimizing flour quality and rhological properties of dough produced from grains of the five studied bread wheat cultivars, it is recommended that grain is stored at at 45 °C for 30 days and at at 25 °C for 60 days after harvest..

Key words: Bread wheat, Enzymatic activity, Farinograph, Protein content and Zeleny sedimentation

Received: September, 2021 Accepted: December, 2021

1. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: faribanaghipour@yahoo.com)
2. Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
3. Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.1.2.3]