



## تاثیر پرتو گاما روی صفات مرتبط با کیفیت نانوائی در رقم روشن

محمد رضا راحمی<sup>۱</sup>، احد یامچی<sup>۲</sup>، سعید نواب پور<sup>۳</sup>، حسن سلطانیلو<sup>۳</sup> و پیتر روپستورف<sup>۴</sup>

۱- محقق پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، (نویسنده مسوول: mrahehi@nrcam.org)

۲ و ۳- استادیار و دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- پروفیسور دانشگاه دانمارک جنوبی

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۳

### چکیده

در بین غلات، گندم به‌عنوان یک محصول استراتژیک در جهان مورد توجه می‌باشد. کیفیت نان این محصول متأثر از خواص فیزیکی و شیمیایی گلوتن دانه گندم می‌باشد. به منظور دستیابی به لاین‌هایی با خصوصیات کیفی برتر، پرتوتابی فیزیکی با منبع تابش گاما روی رقم روشن با سطح زیر کشت بالا طی همکاری سازمان انرژی اتمی ایران و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی در ایران انجام گردید. برای بررسی تاثیر پرتو گاما بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکردی گندم، رقم روشن و لاین‌های موتانت آن در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در مزرعه آزمایشی زعفرانیه شهرستان کرج در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ کشت شدند. خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی رقم و لاین‌های موتانت شامل ارتفاع، طول پدانکل، ارتفاع پانیکول، تعداد پانیکول، سطح برگ و عملکرد اندازه‌گیری شد. پس از برداشت، نیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، آزمایشات شیمیایی (درصد پروتئین، عدد زنی، حجم نان، درصد رطوبت دانه، سختی دانه و گلوتن تر)، آزمون فارینوگراف (زمان رسیدن خمیر، پایداری خمیر، زمان شل شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه، ارزش والریتری و عدد کیفی فارینوگراف) و آزمون اکستنسوگراف (حداکثر مقاومت به کشش، مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه، قابلیت کشش، مقاومت نسبی و انرژی لازم جهت کشیدن خمیر) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که در لاین روشن ۳ عدد زنی، میزان سختی دانه، گلوتن مرطوب و درصد پروتئین نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشت. با بررسی صفات فارینوگرافی در لاین روشن ۳، درصد جذب آب، پایداری خمیر و ارزش والریتری افزایش معنی‌دار و درجه سست شدن خمیر بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. لاین نامبرده افزایش معنی‌داری از نظر صفات اکستنسوگرافی نسبت به بقیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشت. از اطلاعات بدست آمده در این بررسی می‌توان نتیجه گرفت که اصلاح به روش موتاسیونی قادر به بهبود صفات کیفی در گیاهان زراعی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آزمون اکستنسوگراف، آزمایشات شیمیایی، آزمون فارینوگراف، لاین موتانت

### مقدمه

در بین غلات، گندم به‌عنوان یک محصول استراتژیک در جهان مورد توجه می‌باشد (۱۶). گندم به تنهایی حدود یک پنجم از کالری مورد نیاز انسان را تأمین می‌کند. در ایران حدود ۶/۵ میلیون هکتار از اراضی، زیر کشت گندم است (۱۵). به همین علت در طول بیش از هفت دهه، تحقیقات بسیاری با هدف تولید بیشتر و فراوری بهتر این محصول انجام شده است. نظر به اینکه بررسی کیفیت گندم در تعیین کیفیت محصول نهایی امری ضروری است لذا تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گندم از اهمیت خاصی برخوردار است (۲). محتوای پروتئین دانه تحت تاثیر ژنوتیپ و شرایط محیطی می‌باشد (۲۵).

منگووا و همکاران (۲۱) پانزده لاین هیبرید جهش‌یافته (هیبرید حاصل از تلاقی والدین موتانت و غیر موتانت) و دو لاین جهش‌یافته حاصل از موتانت‌های فیزیکی و شیمیایی را مورد بررسی قرار دادند و تفاوت معنی‌داری را در شاخص کیفیت، نرم شدن خمیر و انرژی برای تغییر شکل خمیر در لاین MX 77/14 نسبت به شاهد مشاهده کردند. کوریز و همکارانش (۹) با اعمال موتاسیون شیمیایی بر چهار ژنوتیپ گندم، در نسل‌های موتاسیونی ۸ تا ۱۰ در طول ۳ سال ۲-۷ درصد افزایش پروتئین دانه همراه با کاهش عملکرد دانه و وزن دانه گزارش نمودند، اما برخی از لاین‌های جهش‌یافته با پروتئین بالا از لحاظ عملکرد مشابه ژنوتیپ شاهد بودند. تغییرات در ارتفاع ناشی از EMS به طور کلی مطلوب بود و اغلب لاین‌های جهش‌یافته کوتاه‌تر از گروه شاهد بودند. به

طور کلی تاریخ گلدهی به تعویق افتاد (۹). کزوب و همکاران (۱۷) با پرتوتابی بذور خشک FI گندم با دز ۲۰۰ گری مشاهده کردند که فراوانی تغییرات در مکان ژنی گلیدین در موتانت‌ها ۷/۴ درصد بود که نسبت به شاهد ۰/۵ درصد را نشان داد. نتایج کار نشان داد که پرتوتابی باعث خاموشی ژن در مکان ژنی گلیدین شده و این عمل باعث افزایش نسبی گلوتنین به گلیدین و در نتیجه افزایش کیفیت نانوائی گندم شده است.

ارقام مختلف گندم از نظر درصد پروتئین و ارزش غذایی با هم تفاوت دارند و کیفیت هیچ یک با دیگری یکسان نیست. همین تفاوت‌ها سبب می‌شود که آردهای حاصل از ارقام مختلف از نظر مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت ترکیبات شیمیایی و خواص عملکردی تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر داشته باشند (۲۳). از طرف دیگر هر یک از فرآورده‌های غلات به آرد به ویژگی‌های مشخص نیاز دارند و این موضوع سبب می‌شود که هر وارپته برای تولید یک محصول خاص مناسب باشد. از این رو، تعیین مشخصات و ویژگی‌های گندم جهت انتخاب آن برای کاربردهای تکنولوژیکی بسیار ضروری است (۸). اندازه‌گیری میزان پروتئین، سختی دانه و همچنین آزمون‌های فارینوگراف، میکسوگراف، آلووگراف و اسپکتروسکوپی انعکاسی نور مادون قرمز از روش‌های غیر مستقیم برای تعیین کیفیت نانوائی ارقام گندم می‌باشد (۳۰). سختی دانه یکی از مهم‌ترین عوامل در کیفیت تولید و حجم نان است و همبستگی بالایی بین شاخص سختی و خواص رئولوژیکی خمیر و مهمتر از همه

کیفیت گلوتن و نشاسته آسیب دیده مشاهده شده است (۱۵).

ارزش نانوائی ارقام مختلف گندم به مقدار گلوتن موجود در دانه بستگی دارد. پروتئین‌های گلوتنی (گلیادین و گلوتئین) ۸۰ درصد پروتئین دانه گندم را تشکیل می‌دهد. میزان پروتئین دانه به رقم، شرایط آب و هوایی و غیره وابسته است (۲۶). با بررسی آرد گندم‌های بهاره و زمستانه مشاهده کردند که در آردهای قوی، زمان توسعه خمیر و پایداری خمیر بیشتر از آردهای ضعیف است (۱۹).

در سال ۱۹۶۴، سازمان خوار و بار کشاورزی جهانی و آژانس بین المللی انرژی اتمی در رابطه با تکنیک‌های هسته‌ای در کشاورزی و فرآورده‌های غذایی، پیمانی را امضا کردند تا بتوانند از انرژی هسته‌ای به طرز شایسته‌ای برای حل مسائل کشاورزی و بهبود آن استفاده کنند (۲۰). کیفیت نانوائی گندم تحت کنترل ژنوم و شرایط محیطی کشت می‌باشد. کیفیت نان را می‌توان توسط روش‌های اصلاحی بهبود داد. مهم‌ترین محدودیت برای اصلاح گیاهان تنوع ژنتیکی است که با استفاده از موتاژن‌های فیزیکی می‌توان این محدودیت را رفع نمود (۲۰).

مطالعه خواص رئولوژیکی خمیر یکی از سریع‌ترین و قابل استنادترین راه‌های اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت و بافت محصولات غذایی از جمله آرد گندم محسوب می‌شود (۲۴). لذا بخشی از این مطالعه رفتار رئولوژیکی با دامنه تغییر شکل بزرگ (آزمون‌های فارینوگرافی و اکستنسوگرافی) به منظور مطالعه خصوصیات فیزیکیوشیمیایی خمیر نان از قبیل جذب آب، میزان پایداری خمیر در برابر مخلوط شدن، درجه سست شدن خمیر، حداکثر مقاومت خمیر، قابلیت کشش و انرژی خمیر بررسی شد تا تاثیر پرتوهای یونیزان روی خصوصیات نانوائی گندم مورد بررسی قرار گیرد. هدف از این بررسی شناسایی لاین برتر جهش‌یافته با خصوصیات کیفی نانوائی برتر حاصل از پرتوتابی فیزیکی در رقم روشن بود.

## مواد و روش‌ها

### مواد گیاهی

به‌منظور دستیابی به لاین‌هایی با خصوصیات کیفی برتر، رقم روشن با دز ۲۰۰ گری (منبع کبالت ۶۰) و رطوبت ۱۲ درصد مورد پرتوتابی قرار گرفت. لاین‌های جهش یافته بدست آمده طی بیش از ۱۲ سال به طور مداوم کشت و از لحاظ ژنتیکی خالص می‌باشند. طی بررسی‌های کیفی و کمی انجام شده روی لاین‌های موتانت حاصل از رقم روشن، لاین‌های مورد بررسی در این آزمایش نسبت به شاهد (پرتوتابی نشده) از نظر خصوصیات رئولوژیکی تفاوت معنی‌داری داشتند (۳۱). ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق با توجه به تغییر ال‌های ۱۲ + ۲ (به عنوان ال‌های با اثر منفی روی کیفیت نانوائی) به ۱۰ + ۵ (به عنوان ال‌های با اثر مثبت روی کیفیت نانوائی) حاصل از بررسی زمانی و همکاران (۳۱) انتخاب گردید. بر این اساس، در اثر پرتوتابی با اشعه گاما در رقم روشن با ال ۱۲ + ۲، ژنوتیپ‌های موتانت شامل روشن ۱، روشن ۳، روشن ۵ (حاصل از پرتوتابی رقم روشن) با ال ۱۰ +

۵ (به عنوان ژنوتیپ‌های با ال دارای اثر مثبت روی کیفیت نانوائی گندم) حاصل گردید و در این آزمایش سه لاین فوق همراه با رقم روشن به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت.

### آزمایشات مزرعه‌ای

به منظور بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد بذور گندم موتانت، رقم روشن و لاین‌های موتانت روشن (روشن ۱، روشن ۳ و روشن ۵) در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در مزرعه کشاورزی (واقع در روستای زعفرانیه در استان البرز) در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ مورد بررسی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌ها در ردیف‌های کشت ۳ متری با فاصله ردیف ۷۰ سانتی‌متر کشت شدند. طول و عرض برگ پرچم در انتهای رشد و پس از برداشت ارتفاع، طول پدانکل، طول خوشه، تعداد خوشه و عملکرد بیولوژیکی آن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. عملیات زراعی مرسوم منطقه برای تمامی کرت‌ها بصورت یکسان انجام شد.

### آزمایشات کیفی آرد و بذر گندم

صفات شیمیایی گلوتن تر بنابر استاندارد ۱۳۷ انجمن بین‌المللی شیمی غلات (International Association for Cereal Chemistry=ICC)، سختی دانه و درصد پروتئین با استاندارد ICC شماره ۱۰۵، میزان جذب آب آرد بر اساس پروتکل شماره ۱۱۰/۱، ICC، حجم نان بر اساس روش بسونوا و همکاران (۷) و حجم رسوب زلنی بر اساس استاندارد ۱۱۶ انجمن بین المللی علوم و تکنولوژی غلات (ICC) تعیین شدند. صفات مرتبط با آزمون فارینوگراف شامل زمان رسیدن و تکامل خمیر، ثبات و پایداری خمیر، زمان شل شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه، ارزش والریمتری خمیر و عدد کیفی فارینوگراف توسط دستگاه برابندر فارینوگراف (۵) در آزمایشگاه شیمی غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اندازه‌گیری شد. جهت بررسی ویژگی‌های اکستنسوگرافی پارامترهای حداکثر مقاومت به کشش (RM)، مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه (RS)، قابلیت کشش (EX)، مقاومت نسبی (RS/EX)، سطح زیر منحنی که معرف میزان انرژی لازم جهت کشیدن خمیر (E) است در زمان‌های تخمیر ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه، با استفاده از روش AACC (۴) و شماره ۱۰-۵۴ توسط دستگاه اکستنسوگراف (ساخت شرکت برابندر آلمان) ارزیابی شد. در نهایت نتایج بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C تجزیه گردید.

## نتایج و بحث

### خصوصیات و ویژگی‌های زراعی

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. از آنجا که قسمت اعظم ماده خشک در دانه‌ها پس از تلقیح ساخته می‌شود و اصولاً عملکرد بالقوه گیاه بستگی به اندازه، مدت و میزان فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی دارد که پس از ظهور خوشه سبز باقی می‌مانند. مطالعات مختلف حاکی از آن است که به دلیل شرایط نوری بهتر و نزدیکی به دانه، سطح برگ پرچم و پوشینه‌های سنبله مهم‌ترین منابع تولید هیدرات‌های کربن در دوره پر شدن دانه هستند (۱۸، ۱۱). طول پدانکل نیز با عملکرد دانه همبستگی

متوسط تعداد خوشه ۲۱ عدد اختلاف معنی‌داری با بقیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشت. لاین‌های موتانت تحت تأثیر پرتو گاما نسبت به والد پرتوتابی نشده از نظر صفت ارتفاع کاهش معنی‌داری داشتند.

دارد (۲۲،۶). اطلاعات مربوط به ویژگی‌های زراعی گندم‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. لاین‌های موتانت از نظر کلیه خصوصیات زراعی وضعیت مطلوبی داشتند. طول و عرض برگ پرچم در گیاهان مورد بررسی اختلاف معنی‌داری نداشت. لاین موتانت روشن ۳ با

جدول ۱- تجزیه واریانس اطلاعات زراعی آرد گندم روشن (شاهد) و لاین‌های موتانت

Table 1. Variance analysis of agricultural data of wheat flour of Roshan and mutant lines

منابع	درجه آزادی	ارتفاع	طول پدانکل	طول سنبله	طول برگ	عرض برگ	عملکرد بیولوژیک	تعداد خوشه
ژنوتیپ	۳	۴۷/۰۶**	۵۰/۷**	۱/۴**	۳/۳**	۰/۰۳**	۳۲۸۳*	۵۸/۵**
خطا	۱۲	۴/۸	۶/۱	۰/۶	۹	۰/۰۵	۷۶۲/۶	۱۰
ضریب تغییرات	-	۲/۶	۳/۸۸	۰/۹	۲/۸	۰/۲	۳۵/۶	۴/۴

ns \*\* و \*: به ترتیب غیر معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱ و ۵ درصد

جدول ۲- اطلاعات زراعی آرد گندم روشن (شاهد) و لاین‌های موتانت

Table 2. Agricultural data of wheat flour of Roshan and mutant lines

رقم	ارتفاع	طول پدانکل	طول سنبله	طول برگ	عرض برگ	عملکرد بیولوژیک	تعداد خوشه
روشن	۱۲۱/۵ <sup>a</sup>	۱۸/۵۵ <sup>b</sup>	۱۰/۶ <sup>b</sup>	۲۰/۸۳ <sup>a</sup>	۱/۹۳ <sup>a</sup>	۷۰/۹۳ <sup>b</sup>	۱۳ <sup>c</sup>
موتانت روشن ۱	۱۱۳/۵ <sup>c</sup>	۱۵/۶۵ <sup>b</sup>	۱۱/۸۸ <sup>b</sup>	۱۹/۷۵ <sup>a</sup>	۲/۰۳ <sup>a</sup>	۱۰۸/۷۵ <sup>ab</sup>	۱۵/۷۵ <sup>bc</sup>
موتانت روشن ۳	۱۱۷/۳ <sup>b</sup>	۲۴ <sup>a</sup>	۱۱/۲۵ <sup>ab</sup>	۱۹/۱۳ <sup>a</sup>	۱/۸۸ <sup>a</sup>	۱۴۰/۱۵ <sup>a</sup>	۲۱ <sup>a</sup>
موتانت روشن ۵	۱۱۹/۵ <sup>ab</sup>	۱۷/۷۵ <sup>b</sup>	۱۱/۷۵ <sup>ab</sup>	۲۱ <sup>a</sup>	۲/۰۵ <sup>a</sup>	۱۱۵/۵ <sup>a</sup>	۱۸/۲۵ <sup>ab</sup>

نشاسته و فیبر نسبت داد (۲۶). در تعیین کیفیت پروتئین، هم مقدار گلوتن و هم کیفیت آن از عوامل تأثیرگذار محسوب می‌شود (۲۶). کیفیت گلوتن در این تحقیق با آزمون زلنی مشخص شد (۲۷). عدد زلنی تابعی از کیفیت گلوتن است که در لاین موتانت روشن ۳ افزایش معنی‌داری داشته که این افزایش می‌تواند به دلیل اکسید شدن پیوندهای سولفیدریل به دی‌سولفید باشد که خود باعث تقویت پیوندهای گلوتنی و افزایش خاصیت ارتجاعی آن می‌شود (۲۶). با توجه به حجم نان می‌توان این گونه نتیجه گرفت که آرد لاین روشن ۳ قوی می‌باشد. در آردهای قوی پیوندهای گلوتنی بسیار قوی می‌باشند و به همین دلیل قابلیت نگهداری گاز در این آردها کم‌تر است (۱۳). لذا حجم نان در نمونه موتانت نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت.

#### اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی آرد

در جداول ۳ و ۴ به ترتیب نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات شیمیایی آرد آورده شده است. بهترین روش برای تعیین کیفیت گندم، نوع کاربرد آن در صنعت، کیفیت پخت و کیفیت محصول نهایی ارزیابی خصوصیات تکنولوژیکی آن است. بدین منظور تعیین مقدار و کیفیت پروتئین، حجم رسوب، حجم نان، سختی دانه، گلوتن مرطوب و آگاهی از خصوصیات رئولوژیکی آن حائز اهمیت است (۱). میزان پروتئین در لاین روشن ۳ افزایش معنی‌داری داشت. با توجه به افزایش معنی‌دار میزان گلوتن مرطوب این لاین در رده گندم‌های با کیفیت بالاتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش قرار گرفت. افزایش میزان پروتئین و گلوتن مرطوب را می‌توان به شکستن پیوندهای بین اجزاء پروتئین خصوصاً اجزاء گلوتن از دیگر ترکیبات دانه گندم نظیر

جدول ۳- تجزیه واریانس برای رقم روشن و لاین‌های موتانت آن برای صفات شیمی غلات

Table 3. Variance analysis for cereal chemical traits of Roshan and mutant lines

منبع تغییرات	درجه آزادی	گلوتن تر	سختی دانه	رطوبت دانه (%)	میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده	حجم نان	عدد زلنی	پروتئین (%)
ژنوتیپ	۳	۶۵/۲۶**	۳۸/۵۳*	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۲۵۲۵/۴۶ <sup>ns</sup>	۲۹**	۱/۳۷**	
خطا	۱۲	۲/۳۲	۴/۷۸	۰/۷۷	۱۶۳۳/۸۸	۱/۲۵	۰/۰۸	
ضریب تغییرات	-	۱/۵	۲/۲	۰/۹	۴۰/۴	۱/۱	۰/۳	

ns \*\* و \*: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۴- ویژگی‌های شیمیایی آرد گندم روشن و لاین‌های موتانت

Table 4. Chemical properties results of wheat flour of Roshan and mutant lines

ژنوتیپ	میزان پروتئین	زلنی	حجم نان	سختی دانه	رطوبت دانه	گلوتن مرطوب
روشن	۱۰/۹۵ <sup>d</sup>	۳۰ <sup>d</sup>	۶۲۵/۵ <sup>a</sup>	۴۵ <sup>b</sup>	۱۱/۰۵ <sup>a</sup>	۲۳ <sup>d</sup>
موتانت روشن ۱	۱۰/۸۵ <sup>b</sup>	۳۲/۵ <sup>b</sup>	۶۰۵/۵ <sup>a</sup>	۴۵/۷۵ <sup>b</sup>	۱۱/۲۸ <sup>a</sup>	۲۰/۷۵ <sup>b</sup>
موتانت روشن ۳	۱۲/۵۵ <sup>a</sup>	۳۸/۵ <sup>a</sup>	۵۴۲ <sup>a</sup>	۵۴ <sup>a</sup>	۱۱ <sup>a</sup>	۳۲/۵ <sup>a</sup>
موتانت روشن ۵	۱۰/۹ <sup>d</sup>	۳۱ <sup>d</sup>	۵۸۹/۵ <sup>a</sup>	۴۵ <sup>b</sup>	۱۱/۵ <sup>a</sup>	۲۰/۶۵ <sup>d</sup>

نتایج حاصل از آزمایشات فارینوگراف در جداول ۵ و ۶ آورده شده است. در این آزمون شاخص‌های جذب آب آرد (درصد)، عدد کیفی فارینوگراف (بدون واحد)، زمان پایداری خمیر، درجه سست شدن خمیر بعد از ۱۰ و ۲۰ دقیقه و ارزش والریمتری مورد بررسی قرار گرفت. بررسی خواص رئولوژیک نشان می‌دهد که در میزان جذب آب آرد در آرد گندم موتانت نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و میزان جذب آب در آرد لاین روشن ۳ به صورت معنی‌داری بیشتر از شاهد می‌باشد. این امر نشان می‌دهد ظرفیت نگهداری آب در این نمونه موتانت بیشتر از نمونه شاهد می‌باشد. زمان پایداری خمیر در آرد گندم موتانت بیشتر از آرد گندم شاهد بود. میزان پایداری اطلاعاتی در خصوص توانایی آرد برای مخلوط شدن را نشان می‌دهد. در مقایسه منحنی‌های فارینوگرام مشخص شد که در گندم شاهد میزان پایداری خمیر (زمانی که منحنی روی خط ۵۰۰ باقی مانده است) و عرض منحنی فارینوگرام کاهش یافته است که نشان‌دهنده پایداری کم این نمونه در برابر مخلوط شدن می‌باشد.

سختی دانه صفتی ژنتیکی است که به همراه کمیت و کیفیت پروتئین معیار مناسبی جهت شناسایی گندم مناسب برای مصرف نهایی می‌باشد (۲۹). میزان سختی دانه در گندم موتانت روشن ۳ افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشته و موید این مطلب است که آرد حاصل از آن دارای حالت زبر و دانه‌ای است. گندم‌های با بافت دانه سخت بدلیل بازدهی آرد بیشتر و درصد پروتئین بالا مناسب تبدیل به نان هستند. این گندم‌ها در زمان آسیاب کردن خسارت گرانول‌های نشاسته بیشتری داشته و آب بیشتری جذب می‌کنند (۵).

صادقی و همکاران (۲۸) در بررسی کیفیت نانوائی گندم نان با روش تجزیه رگرسیونی مشاهده کردند که این صفت با صفات درصد پروتئین، سختی دانه، گلوتن تر، حجم نان و زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد دارد که در این تحقیق به غیر از حجم نان بقیه موارد معنی‌دار می‌باشند (جدول ۴).

### خواص رئولوژیکی فارینوگراف

جدول ۵- تجزیه واریانس برای رقم روشن و لاین‌های موتانت آن برای صفات فارینوگراف

Table 5. Variance analysis for Farinograph traits of Roshan and mutant lines

منبع تغییرات	درجه آزادی	جذب آب (%)	زمان گسترش خمیر	عدد کیفی فارینوگراف	پایداری خمیر	E10	E20	ارزش والریمتری
ژنوتیپ	۳	۸/۳۴*	۰/۲۴*	۴۹۳/۳۴ <sup>ns</sup>	۲/۳۶ <sup>ns</sup>	۱۴۶۷/۷۹**	۱۱۸۶/۴۶**	۶۷/۶۷**
خطا	۱۲	۱/۰۳	۰/۰۲	۱۳۶/۷۳	۰/۵۳	۱۰۱/۶۳	۵۳/۱۳	۱/۲۵
ضریب تغییرات	-	۱	۰/۱	۱۱/۷	۰/۷	۱۰/۱	۷/۳	۱/۱

ns, \*\* و \* به ترتیب غیر معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱ و ۵ درصد

جدول ۶- نتایج آزمون فارینوگراف آرد گندم روشن و لاین‌های موتانت

Table 6. Farinograph test results of wheat flour of Roshan and mutant lines

ژنوتیپ	جذب آب	زمان گسترش خمیر	عدد کیفی فارینوگراف	پایداری خمیر	E10	E20	ارزش والریمتری
روشن	۵۵/۸۵ <sup>bc</sup>	۴ <sup>ab</sup>	۳۷/۵ <sup>ab</sup>	۲/۷۵ <sup>b</sup>	۱۱۵ <sup>a</sup>	۱۳۰ <sup>a</sup>	۳۹ <sup>b</sup>
موتانت روشن ۱	۵۴/۳۵ <sup>c</sup>	۱/۳۷۵ <sup>c</sup>	۳۳/۲۵ <sup>ab</sup>	۲/۶۹ <sup>b</sup>	۱۱۳/۵ <sup>a</sup>	۱۴۲/۵ <sup>a</sup>	۳۶ <sup>b</sup>
موتانت روشن ۳	۵۸/۹ <sup>a</sup>	۲/۱۲۵ <sup>a</sup>	۵۹ <sup>a</sup>	۴/۹ <sup>a</sup>	۶۰ <sup>b</sup>	۹۰ <sup>b</sup>	۴۸/۵ <sup>a</sup>
موتانت روشن ۵	۵۷/۹ <sup>ab</sup>	۱/۶۲۵ <sup>bc</sup>	۲۱/۳۷۵ <sup>b</sup>	۲/۷۵ <sup>b</sup>	۱۱۴ <sup>a</sup>	۱۴۰ <sup>a</sup>	۳۶/۵ <sup>b</sup>

روشن ۳ بیشتر از نمونه شاهد گزارش شد. علت این امر مربوط به افزایش پایداری و کاهش درجه سست شدن خمیرهای حاصل از رقم موتانت است.

قمری و همکارانش (۱۲) در بررسی تأثیر عدد کیفی فارینوگرافی خمیر بر خواص کیفی نانوائی و رابطه آن با سایر پارامترهای رئولوژیکی گزارش نمودند که همبستگی مثبتی بین عدد کیفی فارینوگراف و پایداری خمیر به کشش وجود دارد که موافق با نتایج حاصل در این تحقیق بود.

ارزش والریمتری که بیانگر خصوصیات کشسانی خمیر است (۲۶)، به فاکتورهایی مانند درجه سست شدن خمیر بستگی دارد. با بررسی نتایج مشخص شد لاین روشن ۳ از خصوصیات کشسانی بهتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار است.

درجه سست شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه در آرد گندم موتانت روشن ۳ نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. مطالعه داده‌های حاصله در نمونه شاهد نشان‌دهنده تضعیف و کاهش تحمل خمیر در برابر مخلوط کردن می‌باشد. عدد کیفی فارینوگراف (FQN) معیاری قراردادی است که توسط شرکت برابندر معرفی شده است. این مؤلفه رئولوژیکی، برآیندی از مجموع شاخص‌های موجود در منحنی فارینوگرام است که در پژوهش‌های مربوط به ارزیابی کیفیت گندم و آرد قابل استفاده می‌باشد (۱۰). این عدد توصیف‌کننده کلی کیفیت آرد بوده و در واقع به جای محاسبه چندین شاخص مختلف در منحنی فارینوگراف با یک عدد واحد می‌توان کیفیت آرد را گزارش نمود. آردهای ضعیف FQN پایین و آردهای قوی FQN بالا را نشان می‌دهند (۱۲). مقایسه عدد کیفی نشان داد، در نمونه موتانت این عدد در نمونه آرد لاین

### اکستنسوگراف

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به ترتیب برای صفات مربوط به آزمون اکستنسوگراف در جداول ۷ و ۸ آورده شده است. آزمون‌های رئولوژیکی با دامنه تغییر شکل بزرگ از جمله آزمون کشش یک طرفه با دستگاه اکستنسوگراف اطلاعاتی درباره رفتار ویسکوالاستیک خمیر و قابلیت اتساع‌پذیری شبکه گلوتنی ارائه می‌نماید. از روی

اکستنسوگرام می‌توان اطلاعاتی در خصوص رفتار کشسان خمیر (قابلیت کش آمدن خمیر در اثر نیروی وارده به آن تا حد پاره شدن)، مقاومت در برابر کشش و نسبت این دو به هم استفاده می‌شود (۶). ترکیبی متعادل از مقاومت خوب و کشش‌پذیری مطلوب، مشخصات نمونه‌ای از خمیر مناسب است.

جدول ۷- تجزیه واریانس برای رقم روشن و لاین‌های موتانت آن برای صفات اکستنسوگراف

Table 7. Variance analysis for Extensograph traits of Roshan and mutant lines

تجزیه واریانس	میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده	۴۵ دقیقه						۹۰ دقیقه						۱۳۵ دقیقه					
		E	RS/EX	EX	RS	RM	E	RS/EX	EX	RS	RM	E	RS/EX	EX	RS	RM			
۳	۹۲۹۱/۱۳**	۰/۰۶**	۶۷۳/۵*	۳۲۵۸/۳۳**	۲۲۹۱/۱۳**	۰/۰۶**	۶۳۴/۴۶**	۱۸۶۵۴/۱۷**	۱۲۰۹۴/۷۹**	۶۳۹۵/۴۶*	۰/۲۱ <sup>ns</sup>	۱۳۹۴/۴۶**	۲۴۸۵۴/۴۶**	۱۷۴۶۴/۴۶**	۶۸۷۸/۸۳*	۰/۶۴*	۱۳۳۹**		
۱۲	۲۵۹/۸۸	۰/۰۰۲	۹۷/۲۵	۹۲/۷۵	۲۵۹/۸۸	۰/۰۰۲	۲۱/۳۸	۵۹۳/۷۵	۵۵۳/۱۳	۴۶۵/۸۸	۰/۱	۳۳/۱۳	۲۲۶/۱۳	۱۰۷۶/۱۳	۹۹۱/۷۵	۰/۰۷	۳۷/۷۵		
-	۱۶/۱	۰/۰۴	۹/۹	۹/۷	۱۶/۱	۰/۰۴	۴/۶	۲۴/۴	۲۲/۵	۲/۱۶	۰/۳	۵/۸	۱۵	۳۲/۸	۳/۱۵	۰/۳	۶/۱		

ns \*\* و \*: به ترتیب غیر معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱ و ۵ درصد

جدول ۸- نتایج آزمون اکستنسوگراف آرد گندم روشن (شاهد) و لاین‌های موتانت

Table 8. Extensographic test results of wheat flour of Roshan and mutant lines

ژنوتیپ‌ها	135 minute					90 minute					45 minute				
	E	RS/EX	EX	RS	Rm	E	RS/EX	EX	RS	Rm	E	RS/EX	EX	RS	Rm
روشن	۶/۵ <sup>b</sup>	۰/۱۳ <sup>b</sup>	۶۵/۵ <sup>b</sup>	۳۵ <sup>b</sup>	۷۶ <sup>b</sup>	۱۰/۵ <sup>b</sup>	۰/۷۱ <sup>a</sup>	۱۰۰/۵ <sup>b</sup>	۷۰ <sup>b</sup>	۹۵ <sup>b</sup>	۱۶ <sup>b</sup>	۰/۵۴ <sup>b</sup>	۱۴۸/۵ <sup>b</sup>	۸۰ <sup>b</sup>	۹۲/۵ <sup>b</sup>
موتانت روشن ۱	۱۰ <sup>b</sup>	۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴۵/۵ <sup>b</sup>	۲۶/۵ <sup>b</sup>	۵۷/۵ <sup>b</sup>	۵ <sup>b</sup>	۰/۵۸ <sup>a</sup>	۵۶ <sup>b</sup>	۳۷/۵ <sup>b</sup>	۷۲/۵ <sup>b</sup>	۱۲/۵ <sup>b</sup>	۰/۵ <sup>b</sup>	۱۳۵ <sup>b</sup>	۶۷/۵ <sup>b</sup>	۷۶ <sup>b</sup>
موتانت روشن ۳	۵۷/۵ <sup>a</sup>	۱/۲۶ <sup>a</sup>	۱۵۹ <sup>a</sup>	۲۰۰ <sup>a</sup>	۲۸۵ <sup>a</sup>	۵۹ <sup>a</sup>	۱/۱۴ <sup>a</sup>	۱۷۰/۵ <sup>a</sup>	۱۹۵ <sup>a</sup>	۳۷۰ <sup>a</sup>	۴۹/۵ <sup>a</sup>	۰/۸۶ <sup>a</sup>	۱۷۶/۵ <sup>a</sup>	۱۵۲/۵ <sup>a</sup>	۲۱۷/۵ <sup>a</sup>
موتانت روشن ۵	۲ <sup>b</sup>	۰ <sup>b</sup>	۲۷ <sup>b</sup>	۰ <sup>b</sup>	۵۵ <sup>b</sup>	۴ <sup>b</sup>	۰/۳۹ <sup>a</sup>	۴۶/۵ <sup>b</sup>	۲۵ <sup>b</sup>	۶۷/۵ <sup>b</sup>	۱۲/۵ <sup>b</sup>	۰/۵۰ <sup>b</sup>	۱۴۱ <sup>b</sup>	۷۰ <sup>b</sup>	۷۷/۵ <sup>b</sup>

مکانیکی یا انرژی مورد نیاز برای کشش خمیر) می‌تواند توضیح دهنده مناسبی برای رفتار رئولوژیکی خمیر در آزمون اکستنسوگراف باشد (۲۶). انرژی خمیر یا مساحت زیر منحنی نشان‌دهنده انرژی مورد نیاز جهت کشش خمیر تا پاره شدن آن و یا کار مکانیکی روی خمیر است و شاخص خوبی برای مشخص کردن قوت آرد می‌باشد. داده‌ها نشان می‌دهد که مقاومت به کشش‌پذیری و استحکام خمیر در لاین موتانت روشن ۳ بهتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد. همچنین نشان می‌دهد که خمیر موتانت از ویژگی‌های رئولوژیکی مناسبی برخوردار است. بطوری‌که مقایسه مساحت زیر منحنی در ۴۵ دقیقه در نمونه موتانت تقریباً سه برابر

جزئیات داده‌های استخراج شده از منحنی اکستنسوگرام در هر سه زمان ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه در جدول ۴ آمده است. داده‌ها نشان می‌دهد که با افزایش زمان استراحت خمیر از ۴۵ تا ۱۳۵ دقیقه حداکثر مقاومت به کشش خمیر در لاین موتانت روشن ۳ زیاد می‌شود در حالی که در نمونه شاهد روند افزایش تنها تا ۹۰ دقیقه مشاهده می‌شود و پس از آن حداکثر مقاومت به کشش روند رو به کاهش را طی می‌نماید. زمان استراحت خمیر در محفظه دستگاه اکستنسوگراف صورت می‌گیرد. قابلیت کشش خمیر که نشان‌دهنده رفتار ویسکوز خمیر می‌باشد در نمونه موتانت روشن ۳ بیشتر از نمونه شاهد است. اندازه‌گیری سطح زیر منحنی اکستنسوگرام (معرف کار

است و در برابر مراحل تخمیر مقاومت نشان می‌دهد. همچنین با توجه به داده‌های حاصل از مقاومت به کشتش می‌توان گفت که نسبت گلوتتین آرد در نمونه موتانت روشن ۳ بیشتر از شاهد است. این امر موجب افزایش پیوندهای دی‌سولفیدی بین مولکول‌ها می‌شود در نتیجه خاصیت کشتش‌پذیری خمیر کاهش و مقاومت خمیر در برابر کشتش افزایش می‌یابد (۲۶). در حالی که در نمونه شاهد به دلیل افزایش محتوای گلیادین مقاومت خمیر در برابر کشتش کاهش و خاصیت کشتش‌پذیری آن افزایش می‌یابد.

نمونه شاهد، در ۹۰ دقیقه تقریباً کشتش برابر و در ۱۳۵ دقیقه تقریباً نه برابر می‌باشد. حداکثر ارتفاع منحنی با قوت خمیر رابطه مستقیم دارد. خمیر قوی منحنی اکستنسوگراف مرتفع‌تر و در برخی موارد طولانی‌تری نسبت به خمیر ضعیف دارد. به طور کلی هرچه ارتفاع منحنی زیادتر باشد مقاومت به کشتش خمیر بیشتر می‌شود. داده‌ها نشان می‌دهد قوت خمیر لاین موتانت روشن ۳ بیشتر از شاهد می‌باشد. بررسی مقاومت به کشتش، نسبت مقاومت به کشتش به قابلیت کشتش و نیروی صرف شده برای کشتش خمیر نشان می‌دهد آرد حاصل از لاین گندم موتانت روشن ۳ نسبت به بقیه آردی بسیار قوی

## منابع

- Ahmadi-Gavligi, H., M.A. Sahari, M.H. Azizi-Tabarizzad and K. Rashmeh-Karim. 2004. Protein content of important wheat varieties in Iran and their technological properties. Food Science and Technology, 1(2): 1-7 (In Persian).
- 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. Iranian Journal of Crop Sciences, 12(2): 213-226 (In Persian).
- Akbarnia, A. and H.R. Azarbad. 2011. Technology milling of wheat flour. Ab-Negah Publication, 464 pp (In Persian).
- Anonymous. 2000. Approved methods of the American association of cereal chemists. Method 137.
- Anonymous. 2006. Instruction manual, Farinograph -E, Publication No 17073.5E. Brabender Gesellschaft mit beschränkter Haftung. 56 pp.
- Balestra, F. 2009. Empirical and fundamental mechanical tests in the evaluation of drought and bread rheological properties. Alma master Studiorum University Dibologna: 1-169.
- Bessonova, E.I. 1989. Correlation between yield characters and length of the uppermost internode in wheat. Wheat Breed Abs, 6(4): 402.
- Bordes, J., G. Branlard and F.X. Oury. 2008. Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection. Journal of Cereal Science, 48: 569-79.
- Corpuz, L.M., E.G. Heyne and G.M. Paulsen. 1983. Increasing grain protein content of hard red winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by mutation breeding. Theoretical and Applied Genetics 65: 41-46.
- D'Appolonia, B.L. and W.H. Kunerth. 1997. The farinograph handbook, 3<sup>rd</sup> edition, revised and expanded. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota. 31-32 pp.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Michael. 1984. Physiology of Crop Plants. 2nd Edition. 489p.
- Ghamari, M., S.H. Peighambaroust and K. Reshmeh Karim. 2009. Application of farinograph quality number (FQN) in evaluation baking quality of wheat. Journal of Food Science and Technology, 6: 22-34 (In Persian).
- Gupta, R.B., S. Masci, D. Lafiandra, H.S. Bariana and F. Macritchie. 1996. Accumulation of protein subunits and their polymers in developing grains of hexaploid wheat. Experimental Botany, 47: 1377-1385.
- Hoseney, R.C. 1986. Structure of cereals Principles of cereal science and technology A general reference on cereal foods Amer Assn Cereal Chemists: St Paul. 1-31.
- Jalal-Kamali, M.R. and E. Duveiller. 2008. Wheat production and research in Iran: A success story. In MP, Reynolds, J., Pietragalla and HJ Braun (Eds.) proceeding of the International Symposium on Wheat Yield Potential: Challenges to International Wheat Breeding. CIMMYT. DF Mexico. 54-58.
- Khodabandeh, N. 2005. The cereal. Tehran University Publication. Tenth edition, 574 pp (In Persian).
- Kozub, N.O., I.Q. Sozinov, I.B. Blum and O.O. Sozinov. 2013. Study of the effects of gamma-irradiation of common wheat F1 seeds using gliadins as genetic markers. Tsitol Genetic, 47(1): 17-25.
- Lupton, F.G.H., R.H. Oliver, and R. Rucher-baver. 1974. An analysis of the factors determining yield in crosses between semi-dwarf and taller wheat varieties. The Journal of Agricultural Science, 82: 483-496.
- Maghirang, E.B., G.L. Lookhart, S.R. Bean, R.O. Pierce, F. Xie, M.S. Caley, J.D. Wilson, B.W. Seabourn, M.S. Ram, S.H. Park, O.K. Chung and F.E. Dowell. 2006. Comparison of quality characteristics and bread making functionality of hard red winter and hard red spring wheat. Cereal chemistry, 83(5): 520-528.
- Majd, F. and M.R. Ardekani. 2009. Nuclear techniques in agriculture. Tehran University Press, 381 pp (In Persian).
- Mangova, M. and G. Rachovska. 2004. Technological characteristics of newly developed mutant common winter wheat lines. Plant Soil and Environment, 50(2): 84-87
- Mohiuddin, S.H. and L.I. Croy. 1980. Flag leaf area and peduncle area duration in relation to winter wheat grain yield. Agronomy J. 72: 229-231.
- Morris, C.F. 2003. Encyclopedia Grain Science Elsevier Academic press Second Edition, Cereals, Grain Quality Attributes, 238-254.

24. Najafian, G., S. Bahraee, N. Baghaee, M. Morteza- Gholi and E. Babaei –Goli. 2008. Bread making quality attributes of Iranian trade cultivars of wheat and their HMW glutenin subunits composition. Proceedings of 11 International, Wheat Genetics Symposium, 24-29 Aug., Brisbane, Australia.
25. Pahlavani, S., A. Izanloo, S. Parsa and M.G.H. Ghaderi. 2017. Association between Grain Quality Traits and SSR Molecular Markers in Some Bread Wheat Genotypes. *Journal of Crop Breeding* 8: 36-25 (In Persian).
26. Payan, R. 2005. Introduction to technology of cereal production. Nourpardazan Publication. Second edition, 313 pp (In Persian)
27. Rajabi Hashjin, M., M. Agahee Sarbrzeh, M.H. Fotokian and M. Mohammadi. 2013. Evaluating the cooking quality traits in bread and durum wheat. *Crop Biotech*, 4: 33-41 (In Persian).
28. Sadeghi, F. and H. Dehghani. 2017. Study of Correlation Coefficients and Factors Analysis of Bread-making Quality Attributes in Beard Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop Breeding* 8: 8-1 (In Persian).
29. Shahinnia, F., A. Rezaie and A. Saedi. 2002. Variation and path coefficient analysis of bread making quality traits in breeding lines, cultivars and landrace varieties of wheat. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources*, 6(2): 77-89
30. Sissons, M.J., B. Osborne and S. Sissons. 2006. Application of near infrared reflectance spectroscopy to a durum
31. Zamani, M., M. Bihamta, B.N. Khiabani and M.T. Halajian. 2009. Selection of wheat mutant genotypes carrying HMW glutenin alleles related to baking quality by using PCR (STS method), Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 436-438.

## **Gamma Ray Effects on Traits Related to Wheat Bakery Quality in Roshan Cultivar**

**Mohammad Reza Rahemi<sup>1</sup>, Ahad Yamchi<sup>2</sup>, Saeid Navabpour<sup>3</sup>, Hasan Soltanloo<sup>3</sup> and Peter Roepstorff<sup>4</sup>**

---

1- Researcher in Nuclear Science and Technology Research Institute (Corresponding author: mrahemi@nrcam.org)

2 and 3- Assistant Professor and Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

4- Professor in University of Southern Denmark

Received: January 22, 2017

Accepted: June 3, 2017

---

### **Abstract**

Wheat is regarded as a strategic product among the cereals in the world. The bread quality of this product is affected by the physical and chemical properties of wheat gluten. In order to achieve lines with superior qualitative characteristics, gamma irradiation was applied on Roshan cultivar with high cultivation area in a cooperation between Atomic Energy Organization of Iran and the International Atomic Energy Agency. To investigate the effect of gamma irradiation on morphological characteristics and yield, Roshan and mutant lines were grown in the farm of Zaferanieh in the Karaj city with four replications in 2016. Morphological and agronomic features of Roshan and mutant lines such as height, peduncle length, height and number of panicle, leaf area and yield were measured. After harvesting, physical and chemical properties of Roshan and the mutant lines including chemical tests (protein percentage, Zeleny number, bread volume, seed moisture percentage, seed hardness and wet gluten), Farinograph (leavening time of the dough, Farinograph quality number, dough stability, the degree of softening after 10-20 min for dough, and the valorimeter value) and Extensograph (resistance of maximum, resistance strength after 5 min, extensibility, relative resistance and the area under the curve which represents the amount of energy required for stretching the dough) tests were assessed. The results showed that Zeleny number, hardness, wet gluten and protein content increased significantly in Roshan3 line as compared with the control. Farinographic characteristics indicated that water absorption percentage, dough stability and valorimeter value increased significantly, while dough softening trait after 10 and 20 minutes reduced significantly in Roshan3 line as compared with the control. Roshan3 line increased significantly rather than the other investigated genotypes. Mutation breeding be able to improve qualitative traits in crops.

**Keywords:** Chemical experiments, Extensograph test, Farinograph test, Mutant and Wheat