

بررسی صفات کیفی دانه، زیرواحدهای گلوتنین و روابط آنها در گندم دوروم

مریم گل‌آبادی و احمد ارزانی^۱

چکیده

به منظور بررسی صفات مرتبط با کیفیت دانه و زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی زیاد (*HMW*) و کم (*LMW*)، ۱۰۴ ژنوتیپ گندم دوروم آزمایش شد. شش صفت کیفیت دانه شامل وزن حجمی، سختی دانه، گلوتن تر، گلوتن خشک، پروتئین و حجم رسوب در این ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری گردید. تغییک زیرواحدهای گلوتنین *HMW* و *LMW* طبق روش ژل پلی اکریلامید سدیم دودسیل سولفات (*SDS-PAGE*) و روی ۳۳ ژنوتیپ انجام شد. محاسبات آماری شامل ضرایب همبستگی ساده میان صفات کیفیت دانه، تجزیه خوشای ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات کیفیت دانه، تجزیه واریانس صفات کیفیت دانه بر مبنای زیرواحدهای *HMW*، *LMW*، ترکیبات زیرواحدها و کلیه زیرواحدها، و نهایتاً تجزیه همبستگی متعارف بین زیرواحدها و صفات کیفیت دانه بود.

نتایج تجزیه عامل‌ها، دو عامل پنهانی را شناسایی نمود که جمماً ۶۰ درصد از کل تنوع داده‌ها را توجیه می‌کردند. عامل اول به نام کمیت پروتئین و عامل دوم به نام عامل کیفیت پروتئین نام‌گذاری شد. در تجزیه خوشای ژنوتیپ‌ها به چهار گروه تقسیم شدند. مقایسه میانگین صفات در گروه‌های به دست آمده نشان داد که ژنوتیپ‌های گروه‌های دوم و چهارم از حیث صفات مرتبط با کمیت و کیفیت پروتئین مطلوب هستند. در بررسی زیرواحدهای گلوتنین، هفت زیرواحد *HMW* و دو زیرواحد *LMW* شناسایی گردید. در مکان ژنی *Glu-Al* تنها آلل نول مشاهده شد. در مکان ژنی *Glu-B1* زیرواحدهای ۷+۸، ۷+۸، ۶+۸ و ۲۰ دیده شدند، که هیچ کدام از نظر صفات کیفیت دانه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند؛ ولی زیرواحدهای ۶+۸ و ۷+۸، نسبت به زیرواحد ۲۰، حجم رسوب *SDS* پیشتری نشان دادند. زیرواحدهای *LMW-1* و *LMW-2* از نظر پروتئین و حجم رسوب *SDS* اختلاف معنی‌داری داشته و *LMW-1* به مقدار پروتئین زیادتر و *LMW-2* به حجم رسوب *SDS* پیشتر مربوط می‌شدند. ترکیب زیرواحدهای *LMW-1/HMW ۷+۸* *LMW-1/HMW ۷+۸* پیشترین محتوای پروتئین، و ترکیب زیرواحدهای *LMW-2/7+8* و *LMW-2/7+8* *LMW-1/HMW ۷+۸* و *LMW-1/HMW ۷+۸* را داشتند. نتایج بررسی همبستگی‌های متعارف نشان داد که وجود زیرواحدهای *2/7+8* و *LMW-2/7+8* در گندمهای دوروم موجب افزایش حجم رسوب *SDS* و کاهش پروتئین و گلوتن می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گندم دوروم، کیفیت دانه، گلوتنین، *HMW*، *LMW*

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

از عوامل فیزیکی مؤثر در کیفیت، ارتباط سختی دانه با مقدار پروتئین زیاد و مرغوبیت گلوتن است (۶)، و تفاوت سختی دانه به تفاوت در کیفیت آرد به دست آمده منجر می‌شود (۲۰). صفت وزن حجمی (هکتولیتر) نیز با عملکرد سمولینا (۱۲) و محتوای پروتئین سمولینا (۱۴) هم‌بستگی شدیدی نشان داده است.

افزون بر موارد یاد شده، ترکیب پروتئینی دانه از عوامل مؤثر در کیفیت گندم دوروم است، که این ترکیب از طریق الگوهای الکتروفورزی قابل شناسایی است. مهم‌ترین بخش پروتئینی ذخیره‌ای دانه گلوتن است، که از دو جزء گلوتنین و گلیادین تشکیل یافته است (۳۳). هر یک از این اجزا سهم متفاوتی در کیفیت گندم دوروم دارند. گلوتنین پلیمری پیچیده بوده شامل پلی‌پیتیدهایی با وزن مولکولی زیاد (High Molecular Weight) (Glutenin Subunits, HMW) و وزن مولکولی کم (Low Molecular Weight Glutenin Subunits, LMW) است (۳۳). این دو جزء در ایجاد خواص ویسکوالاستیستیته متعادل در خمیر آرد گندم و قابلیت ارتجاع آن حایر اهمیت هستند (۲۵). تنوع زیرواحدهای گلوتنین در گندم زیاد است و نتایج گزارش‌های بی‌شمار گویای ارتباط زیرواحدهای گلوتنین با کیفیت گندم دوروم است (۲، ۹، ۸، ۳۰، ۳۱ و ۳۴). این زیرواحدها با مکان‌های ژنی Glu-A1 و Glu-B1 واقع بر بازوی بلند کروموزوم‌های همولوگ گروه ۱ برای HMW (۸) و مکان‌های ژنی Glu-A3 و Glu-B1 واقع بر بازوی کوتاه کروموزوم‌های همولوگ گروه ۱ برای LMW (۳۴) کنترل می‌شوند.

اگرچه تنوع موجود در زیرواحدهای HMW گندم دوروم بسیار زیاد است (۷)، تنها شمار ناچیزی از آنها شامل زیرواحدهای ۲۰، ۶+۸ و ۷+۸ در مکان ژنی Glu-B1 اثر کمی بر کیفیت گلوتن و کیفیت پخت پاستا دارند (۸ و ۳۴). در حالی که زیرواحدهای HMW در مکان ژنی Glu-A1 اثر بیشتری در استحکام گلوتن و اصلاح کیفی گندم دوروم دارند (۲). در مورد زیرواحدهای LMW نیز تنوع زیادی دیده شده

گندم دوروم بهترین ماده اولیه برای تولید پاستا (انواع محصولات ماکارونی، اسپاگتی، ورمیشل و غیره) است (۶ و ۱۱). ارزش این محصول به کمیت و کیفیت پروتئین و اسیدهای آمینه آن بستگی دارد (۶). روش‌های بسیاری برای ارزیابی کیفیت پاستا به کار می‌رود، که می‌توان به دسته عوامل فیزیکی و عوامل شیمیایی مؤثر بر کیفیت اشاره کرد. عوامل فیزیکی شامل صفاتی مانند وزن حجمی و سختی دانه، و عوامل شیمیایی شامل محتوای پروتئین، حجم رسوب SDS و محتوای گلوتن می‌باشد (۲۰). برخی از پژوهندگان محتوای پروتئین را عاملی در تعیین کیفیت پاستا و کیفیت پخت آن معرفی کرده‌اند (۱۰، ۱۳، ۱۵ و ۲۷). ضمن این که محتوای پروتئین زیادتر موجب ثبات بیشتر می‌شود، در طی فرایند پخت به اندازه کافی متورم شده و مقدار کمی از مواد پاستا در آب پخت رها می‌شود. اثر محتوای پروتئین بر چسبندگی اسپاگتی نیز متفاوت گزارش شده است (۱۴ و ۲۷).

آتران و همکاران (۴) دریافتند که با افزایش محتوای پروتئین مدت زمان پخت افزایش می‌یابد، بدون این‌که اسپاگتی از بین برود. در بررسی دکارد و همکاران (۱۰) در گندم دوروم مشخص شد که کروموزوم‌های 1A، 2A، 3A، 4B و 5B بر افزایش پروتئین دانه مؤثرند.

طبق گزارش گالتربیو و همکاران (۱۸)، تنها مقدار پروتئین گویای کیفیت مطلوب پخت پاستا نیست، و ترکیب گلوتن در پروتئین دانه اثر چشم‌گیری بر کیفیت پخت دارد. آزمون رسوب SDS، که معرف استحکام گلوتن است (۲۱ و ۲۴)، کیفیت پخت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به طوری که اثر استحکام گلوتن بر کیفیت پخت پاستا بیش از اثر محتوای پروتئین گزارش شده است (۱۶). افزون بر این، استحکام بیشتر گلوتن باعث کاهش شکستگی و خرد شدگی ماکارونی در مراحل تولید و توزیع می‌شود (۲۰)، ضمن این که میزان حجم رسوب SDS نیز عاملی است که با شاخص پخت هم‌بستگی نشان داده است (۹ و ۲۳).

محصولات پاستا در گندم دوروم، در ارتباط با یک آلل خاص، به ترکیبات آلی زیرواحدهای با وزن مولکولی زیاد، کم، و نیز اثر متقابل آنها بستگی دارد، به طوری که زیرواحدهای HMW در حضور LMW-2 حجم رسوب SDS بیشتری را موجب می‌شوند (۳۰).

این پژوهش با اهداف بررسی تنوع آلی برای زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی زیاد و کم در لاین‌های انتخابی گندم دوروم، اندازه‌گیری صفات مرتبط با کیفیت در گندم دوروم، و تعیین رابطه موجود میان این صفات و زیرواحدهای گلوتنین از طریق روش‌های آماری، و نهایتاً استفاده از روش آماری چند متغیره تجزیه عامل‌ها بر صفات مرتبط با کیفیت در گندم دوروم، و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس این صفات اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۱۰۴ ژنوتیپ گندم دوروم مشتمل بر ارقام و لاین‌های خارجی تهیه شده از سیمیت و ایکاردا، که در آزمایش‌های مزرعه‌ای صفات زراعی از جمله عملکرد دانه مطلوبی را تولید نموده بودند، انتخاب، و در آزمایشگاه اصلاح نباتات گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان ارزیابی گردید. از میان ۱۰۴ ژنوتیپ ۳۳ ژنوتیپ به منظور بررسی زیرواحدهای گلوتنین به طور انتخابی و تصادفی برگزیده شد. برای بررسی گلوتنین‌ها از ژل اکریلامید ۱۰ درصد از طریق روش ژل پلی‌اکریلامید سدیم دودسیل سولفات (SDS-PAGE) که توسط فولینگن و همکاران (۱۷) تعدیل شده است، استفاده شد. تشخیص زیرواحدهای گلوتنین HMW و LMW طبق روش پاین و لاورنس (۲۹) و پاین و همکاران (۲۸) انجام گرفت. برای تشخیص بهتر زیرواحدهای LMW، نخست گلیادین از محلول استخراج حذف، و سپس اقدام به استخراج گلوتنین گردید. صفات مرتبط با کیفیت گندم دوروم، شامل وزن حجمی، سختی دانه، درصد گلوتن تر و خشک، محتوای پروتئین و

است، به طوری که لیو و شفرد (۲۶) در رقم ۲۴۰ گندم دوروم ۴۱ الگوی باندی متفاوت شناسایی کردند، که تنها دو نوار اصلی LMW-2 با فراوانی زیاد مشاهده شد، و نوارهای دیگر فراوانی اندکی داشتند، و ۲-2 نیز فراوانی بیشتری را نشان داد. پاین و همکاران (۲۸) نشان دادند که در گندم دوروم بود یا نبود زیرواحدهای گلوتنین LMW رابطه نزدیکی با کیفیت پخت پاستا دارد. از سوی دیگر، دو نوع اصلی گلیادین شامل گاما-گلیادین ۴۵ و گاما-گلیادین ۴۲، که به ترتیب با کیفیت خوب و ضعیف گلوتن، نتیجتاً کیفیت فراوردهای حاصل از گندم دوروم در ارتباط هستند، با مکان‌های ژنی کنترل کننده زیرواحدهای ۲-2 و LMW-1 پیوستگی دارند (۲۵ و ۲۸). گرچه استفاده از گلیادین‌ها برای انتخاب لاین‌های برتر در برنامه‌های اصلاحی دوروم عمومیت دارد، ولی LMW شاخص بهتری است، زیرا گاما-گلیادین‌های مشابه، به دو یا چند LMW مختلف، که دارای میانگین استحکام گلوتن متفاوت معنی‌داری هستند، مرتبط می‌باشند (۲۹).

با برگزارش پنا و همکاران (۳۰)، حجم رسوب SDS و محتوای پروتئین در میان زیرواحدهای HMW تفاوت چندانی نشان نداد، اگرچه زیر واحد ۷+۸ نسبت به ۶+۸ و ۲۰ مقدار رسوب SDS بیشتری تولید نمود. زیرواحدهای LMW از نظر حجم رسوب SDS اختلاف معنی‌داری نشان دادند و ۲-2 مقدار رسوب بیشتری تولید نمود. سیافی و همکاران (۹) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند، و میانگین رسوب SDS را در مکان ژنی Glu-B3 بیش از دیگر مکان‌ها گزارش کردند. در میان زیرواحدهای HMW کد شده در Glu-A1 (۱ و ۲ و نول)، زیر واحد نول کمترین مقدار رسوب SDS را نشان داد (۳۴). تورچتا و همکاران (۳۴) گزارش دادند که ۷۸ درصد از تنوع LMW در حجم رسوب SDS مربوط به HMW و HMW است، که LMW به تنها ۴/۵۴ درصد این تنوع را توجیه می‌کند. در پژوهشی دیگر (۳۱) نیز مشخص شد که مکان‌های ژنی A1، Glu-B1 و Glu-B3 به ترتیب ۱۶، ۸، و ۵۴ درصد تغییرات حجم رسوب SDS را توجیه می‌کنند. کیفیت

کمک گرفته شد. در انجام عملیات آماری روی زیرواحدها، زیرواحدهای گلوتنین به صورت متغیر اندیکاتور (Indicator) (Indicator) در نظر گرفته شد و حضور یا عدم حضور هر آلل به ترتیب با اعداد یک و صفر در هر نمونه مشخص گردید، و برای بررسی تأثیر زیرواحدها بر صفات کیفیت دانه از برنامه کامپیوترا مدل خطی عمومی (GLM) برای مکان‌های ژنی Glu-B1 و Glu-B3 و ترکیب زیرواحدها و کلیه زیرواحدها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آمار توصیفی، شامل میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر و ضریب تغییرات صفات در جدول ۱ آمده است. صفات حجم رسوب SDS و محتوای گلوتن تر و خشک به ترتیب با ضریب تغییرات (CV) ۲۴/۳، ۱۷ و ۱۷/۵ دارای بیشترین تنویر بودند. ولی صفات وزن حجمی و محتوای پروتئین کمترین میزان ضریب تغییرات را داشتند (جدول ۱). بدین ترتیب، در میان ژنوتیپ‌های گندم دوروم مورد آزمایش تنوع فنوتیپی چشم‌گیری دیده می‌شود، که می‌تواند در اهداف بهبودی کیفیت ماکارونی به کار رود، به ویژه در مورد صفت حجم رسوب SDS، که یکی از صفات بسیار مهم در تعیین کیفیت بهینه ماکارونی است (۴).

ژنوتیپ‌های ۴/ Fgo// Stil/ ۳/ Tez/ Yav79/ Hut/ Rok/ Ink/ ۴۹/۵ و ۴۸/۸ با نشان دادند. این دو میلی‌لیتر بیشترین حجم رسوب SDS را نشان دادند. پروتئین ۱۴ روزی ۲۲ لاین دوروم، وزن حجمی کمترین میزان ضریب تنوع را نشان داد، ضمن این که در بررسی بوگینی و همکاران، محتوای پروتئین دانه نیز با ضریب تنوع ۴/۴ درصد از تنوع کمی برخوردار بود.

حجم رسوب SDS در ۱۰۴ ژنوتیپ اندازه‌گیری شد. درصد گلوتن تر و خشک از طریق روش شستشو با دست، و طبق روش ۳۸-۱۰ اتحادیه آمریکایی شیمی غلات (AACC) اندازه‌گیری شد (۳). برای این کار از ۲۵ گرم سمولینای تهیه شده با آسیاب آزمایشگاهی و الک شده با الک ۳۰ مش استفاده گردید. محتوای پروتئین طبق روش تعديل یافته کلدار و بر اساس الگوی ۴۶-۱۲ AACC (۳) انجام شد. حجم رسوب SDS نیز طبق روش تعديل یافته پرستون و همکاران (۳۲) اندازه‌گیری شد. در این روش محلول نشانگر، محلول اسید لاکتیک ۸۸ درصد و SDS سه درصد به کار رفت. از ۱/۱۲۵ گرم آرد الک شده با الک ۱۰۰ مش، و به هم زدن دستی استفاده شد، و حجم رسوب (میلی‌لیتر) پس از ۱۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه تعیین، و اندازه‌گیری حجم رسوب هر نمونه دو مرتبه تکرار گردید. سختی دانه با دستگاه اینستران (Instron) اندازه‌گیری شد. در این روش سختی دانه با پنج بذر سالم از هر نمونه اندازه‌گیری و سپس میانگین‌گیری شد.

تجزیه آماری یک متغیره، شامل محاسبه میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر صفات و ضریب تغییرات صفات در میان همه ژنوتیپ‌ها برآورد گردید. همبستگی‌های ساده میان صفات و تجزیه عامل‌ها روی ماتریس همبستگی صورت گرفت تا تعداد نسبتاً کمتری عامل شناسایی شوند و در نشان دادن رابطه بین مجموعه‌ای از متغیرهای همبسته مورد استفاده قرار گیرند. از روش مؤلفه‌های اصلی و سپس دوران عامل‌ها از طریق روش وریماکس با نرم‌افزار SAS برای استخراج عامل‌ها استفاده شد. تجزیه خوش‌های ژنوتیپ‌ها به منظور گروه‌بندی و کاهش حجم جامعه صورت گرفت و میانگین گروه‌های حاصله با یکدیگر مقایسه شد. تجزیه خوش‌های به روش وارد، و با SPSS استفاده از متغیرهای استاندارد شده، و از طریق نرم‌افزار SPSS (Statistical Program for Social Sciences) برای تعیین تعداد گروه‌ها از آزمون T^2 کاذب هوتلینگ (Pseudo Hotelling T^2 test)، و معیار توان سوم خوش‌های The Cubic (Beeal's F-Type Statistic)، و F بیل (Clustering Criterion

جدول ۱. میانگین، انحراف معیار، حداقل و حدکثر و ضریب تغییرات صفات کیفیت دانه در ۱۰۴ ژنوتیپ گندم دوروم

ضریب تغییرات (درصد)	حدکثر	حداقل	انحراف معیار	میانگین و اختلاف معیار	صفات
۱۷/۰	۳۹/۶	۷/۲	۴/۴	$۲۶/۲ \pm ۰/۴۴$	محتوای گلوتن تر
۱۷/۵	۱۳/۹	۳/۱	۱/۷	$۹/۶ \pm ۰/۱۷$	محتوای گلوتن خشک
۸/۵	۱۴/۴	۹/۶	۱/۰	$۱۱/۸ \pm ۰/۱$	محتوای پروتئین
۱۴/۳	۶۶۲	۳۰۳	۶۸/۹	$۴۸۱/۲ \pm ۶/۸$	سختی دانه
۲۴/۳	۴۹/۵	۱۳/۵	۷/۱	$۲۹/۱ \pm ۰/۷$	حجم رسوب SDS (میلی لیتر)
۱/۵	۸۳/۷	۷۸	۱/۳	$۸۱ \pm ۰/۱۲$	وزن حجمی (کیلوگرم بر هکتولیتر)

جدول ۲. ضرایب همبستگی ساده صفات کیفیت دانه مورد بررسی در ۱۰۴ ژنوتیپ گندم دوروم

وزن حجمی	حجم رسوب SDS	محتوای پروتئین	محتوای گلوتن خشک	محتوای گلوتن تر	صفات
				۱	محتوای گلوتن تر
			۱	$۰/۹۲^{**}$	محتوای گلوتن خشک
		۱	$۰/۳۸^{**}$	$۰/۳۵^{**}$	محتوای پروتئین
	۱	$۰/۰۵$	$۰/۱۷$	$۰/۱۸$	سختی دانه
۱	$۰/۲۸^{**}$	$۰/۲۶^{**}$	$۰/۳۶^{**}$	$۰/۳^{**}$	حجم رسوب SDS
۱	$۰/۰۵$	$۰/۱$	$۰/۱۱$	$۰/۱$	وزن حجمی

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

معیاری برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر از نظر کیفیت تهیه پاستا باشد.

دجیدیو و همکاران (۱۱) بین مقدار رسوب SDS و محتوای پروتئین و بین محتوای گلوتن تر و محتوای پروتئین همبستگی مثبت و معنی‌داری به ترتیب برابر $r = 0/۳$ و $r = 0/۹$ و $r = 0/۳$ گزارش کردند. در مورد همبستگی بین حجم رسوب SDS و محتوای پروتئین دانه در گندم دوروم گزارش‌های ضد و نقیضی وجود دارد، به طوری که در برخی گزارش‌ها همبستگی میان دو صفت مشاهده نشده است (۴، ۱۶، ۲۳ و ۳۰)، و برخی گزارش‌ها نیز بر وجود همبستگی بین این دو صفت تأکید دارد (۲۲، ۲۴ و ۳۲).

جدول ۲ ضرایب همبستگی ساده صفات کیفیت دانه مورد بررسی را نشان می‌دهد. محتوای گلوتن تر و خشک بیشترین ضریب همبستگی ($r = 0/۹۲$) را به خود اختصاص دادند. محتوای گلوتن نشان دهنده کمیت پروتئین است و به عنوان فاکتور کمی معرفی می‌شود (۱۱). ولی محتوای گلوتن علاوه بر داشتن همبستگی معنی‌دار با محتوای پروتئین ($r = 0/۳$ ، با حجم رسوب SDS ($r = 0/۳$) نیز همبستگی معنی‌داری نشان داد، که گویای ارتباط میان کمیت گلوتن با کیفیت آن است. با توجه به این که در تعیین کیفیت گلوتن و پروتئین از حجم رسوب SDS استفاده می‌شود (۲۱)، همبستگی این صفت با صفات دیگر اهمیت دارد، و انتخاب برای حجم رسوب SDS می‌تواند

جدول ۳. ضرایب عامل‌های مشترک، واریانس‌های نسبی و تجمعی و میزان اشتراک عامل‌ها در صفات کیفیت دانه ۱۰۴ ژنتیک گندم دوروم

میزان اشتراک	ضرایب عامل‌های مشترک دوران یافته		صفات
	عامل ۲	عامل ۱	
۰/۸۳	-۰/۰۲	۰/۹۳	محتوای گلوتن تر
۰/۸۹	۰/۰۲	۰/۹۴	محتوای گلوتن خشک
۰/۳۴	۰/۱۵	۰/۵۸	محتوای پروتئین
۰/۷۷	۰/۸۳	-۰/۲۹	سختی دانه
۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۴۴	حجم رسوپ SDS
۰/۱۴	۰/۳۷	۰/۰۹	وزن حجمی
	۲۵/۱۹	۳۹/۸۳	واریانس نسبی
	۶۵/۰۲	۳۹/۸۳	واریانس تجمعی

به کمیت و کیفیت پروتئین توجه داشت. انتخاب بر اساس عامل اول موجب گرینش ژنتیپ‌های دارای پروتئین زیاد، و انتخاب بر اساس عامل دوم سبب گرینش کیفیت زیاد پروتئین می‌شود. دجیدیو و همکاران (۱۱) در بررسی ۲۶ صفت مرتبط با کیفیت پاستا و تجزیه عامل‌ها در این صفات، شش عامل را شناسایی کردند، که عامل اول با دارا بودن صفاتی همچون کیفیت گلوتن و مقدار رسوپ SDS، به نام فاکتور کمیت نام‌گذاری گردید. حق نظری و همکاران (۱) در بررسی ۱۲ صفت مربوط به کیفیت پاستا در گندم دوروم و استفاده از تجزیه عامل‌ها، پنج عامل را استخراج کردند، که متغیرهای درصد گلوتن و درصد پروتئین به طور مشترک در یک عامل، و سختی دانه نیز در عامل جداگانه دیگری قرار گرفتند.

در پژوهش حاضر به منظور گروه‌بندی ژنتیپ‌ها و مشخص نمودن ژنتیپ‌هایی که از نظر ویژگی‌های کیفیت دانه مطلوب هستند، از تجزیه خوش‌های در مورد ژنتیپ‌ها و بر اساس شش صفت کیفیت دانه استاندارد شده، استفاده شد. چهار گروه کاملاً جداگانه که از نظر کلیه صفات، بجز صفت وزن حجمی، اختلاف معنی‌داری داشتند، شناسایی گردید. نتایج این تجزیه در جدول ۴ آورده شده است. در گروه‌های یک تا چهار به ترتیب ۴۰/۳۸، ۴۰/۳۱، ۱۷/۳۱ و ۱۷/۳ درصد از کل

به منظور بررسی و درک روابط میان صفات هم‌بسته و گروه‌بندی صفات از تجزیه عامل‌ها استفاده شد، که این تجزیه توانست پنج صفت کیفیت دانه را در دو عامل استخراج شده توزیع نماید. جدول ۳ ضرایب عامل‌های دو عامل را پس از دوران عامل‌ها نشان می‌دهد. این عوامل مجموعاً ۶۵ درصد واریانس کل را توجیه می‌نمایند، که از این مقدار سهم عوامل اول و دوم به ترتیب ۳۹/۸ و ۲۵/۲ درصد است. در عامل اول متغیرهای گلوتن تر و گلوتن خشک دارای بار عامل مثبت و زیادی بودند، و پس از این دو صفت، محتوای پروتئین دانه قرار داشت. بنابراین، می‌توان عامل اول را تحت عنوان عامل کمیت پروتئین نام‌گذاری نمود. به سخن دیگر، این سه صفت اجزای مشابهی از کیفیت دانه را بیان می‌کنند. در عامل دوم صفات سختی دانه و حجم رسوپ SDS دارای بار عامل مثبت و زیادی بودند. بنابراین، این عامل را می‌توان تحت عامل کیفیت پروتئین نام‌گذاری کرد. توجه به میزان اشتراک عامل‌ها نشان می‌دهد که این دو عامل توانسته‌اند درصد زیادی از تنوع موجود در صفات محتوای گلوتن، سختی دانه و حجم رسوپ SDS را توجیه کنند.

با توجه به عوامل بالا می‌توان نتیجه‌گیری نمود که برای انتخاب ژنتیپ‌های مطلوب از نظر کیفیت تولید ماکارونی باید

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها^۱ و ضرایب تنواع صفات در گروههای حاصل از تجزیه خوشهای در ۱۰۴ ژنوتیپ و بر اساس صفات کیفیت دانه

میانگین						میانگین مربعات		صفات
گروه چهارم	گروه سوم	گروه دوم	گروه اول	تنوع	ضریب	داخل گروهها	بین گروهها	
۳۲/۸ ^a	۲۲/۶ ^c	۲۶/۹ ^b	۲۵/۲ ^b	۱۱/۳	۸/۸	۳۸۷/۹ ^{**}	محتوای گلوتن تر (%)	
۱۱/۹ ^a	۸/۳ ^d	۱۰/۱۷ ^b	۸/۷ ^c	۱۱/۹	۱/۳	۵۲/۲ ^{**}	محتوای گلوتن خشک (%)	
۲۱/۸۱ ^a	۱۱/۶ ^{bc}	۲۱/۱ ^b	۱۱/۳ ^c	۷/۳	۱/۶	۱۰/۴ ^{**}	محتوای پروتئین (%)	
۴۳۰/۹ ^c	۴۳۱/۴ ^c	۵۴۶/۷ ^a	۵۰۵/۴ ^b	۱۰/۹	۲۷۷۲/۳	۷۰۵۷۲/۵ ^{**}	سختی دانه (گرم بر میلی‌متر مربع)	
۳۳/۶ ^a	۲۴/۸ ^b	۳۵/۵ ^a	۲۶/۹ ^b	۱۹/۹	۳۳/۳	۵۹۵/۳ ^{**}	حجم رسوب SDS (میلی‌لیتر)	
۸۱/۰ ^b	۸۰/۱ ^c	۸۰/۸ ^b	۸۱/۷ ^a	۱/۴	۱/۲	۱۴/۱ ^{**}	وزن حجمی (کیلوگرم بر هکتولیتر)	

۱. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انتقام گرفت. در هر ردیف تفاوت هر دو میانگین که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری معنی دار نیست.

*: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

ژنوتیپ‌ها قرار داشتند.

به منظور مقایسه میانگین‌های گروه‌ها از نظر صفات اندازه‌گیری شده، تجزیه واریانسی بر اساس طرح کاملاً تصادفی نامتعادل و با در نظر گرفتن گروه‌ها به عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل آنها به عنوان تکرار انجام شد، که مقایسه میانگین‌ها گویای تنوع زیاد بین گروه‌ها نسبت به تنوع بین ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها بود. ژنوتیپ‌های گروه اول تنها از نظر صفت وزن حجمی بیشترین مقدار را نشان دادند. صفات مرتبط با کمیت و کیفیت پروتئین در سطح پایینی قرار داشتند، که مشابه همین وضعیت در ژنوتیپ‌های گروه سوم نیز دیده شد. این ژنوتیپ‌ها از نظر هیچ یک از صفات کیفیت دانه حد مطلوبی را نشان ندادند. گروه‌های دوم و چهارم از حیث صفات مرتبط با کمیت و کیفیت پروتئین به عنوان گروه‌های برتر شناسایی شدند، که ژنوتیپ‌های گروه دوم از لحاظ کیفیت و ژنوتیپ‌های گروه چهارم از لحاظ کمیت پروتئین سطح بالاتری را نشان دادند.

در گروه دوم ژنوتیپ‌های Shaw/Mald/Aaz/3/Syn و Yr/Sprw"s" Korifla Massara-1 Sham-1 Marroot Gdovz512/45039 karay Blikh-2 Syrica2/Omrabi 16 Rok/ Fg/ Still/ 3/ Stn, Cit// Ruff/ Fg/3/Src3 در بررسی زیرواحدهای HMW گلوتنین، و در مکان ژنی Glu-A1 تنها آلل نول مشاهده شد، و لذا بررسی اثر زیرواحدهای این مکان ژنی بر صفات کیفیت دانه امکان‌پذیر نبود. اگرچه سیافی و همکاران (۹) نشان دادند که خواص گلوتن به شدت از تنوع آللی Glu-A1 تأثیر می‌پذیرد، و تورچتا و همکاران (۳۴) نیز گزارش کردند که آلل نول اثری بر حجم رسوب SDS ندارد، در صورتی که آلل ۱ حجم رسوب بیشتری

Krs/5/Cando/4/By *2/Tace//II27655/3/Tme//Zb/W *2 Govdz512/Cit//Ruff/Fg/ Altar84/Ald, Chabba88/Deraa Rascon-6 Cndo/R143//Ente/Mexi/3/kill4/Srn.3/Nile Enpoda-6 وجود داشتند. ژنوتیپ‌های گروه چهارم شامل Ofn/Kill Heider/Mt/ Ho Aconchi 89 H. Mouline Aw12/Bit Govdz 512// Cit/ Ruff/Fg/3/Brachoua Chanst Strok Heider/Lahn-Sh Heider//ch7//Cando Omrabi-5 Goodiz/Fg/ Gta/3/Cndo/4/ Hviltub/5/ Mrb3/Chen Ru/3/Ofn/Lanf4 Ian//Jor/Cr, Chen/Altar84 Cham1 Mrbsb شود.

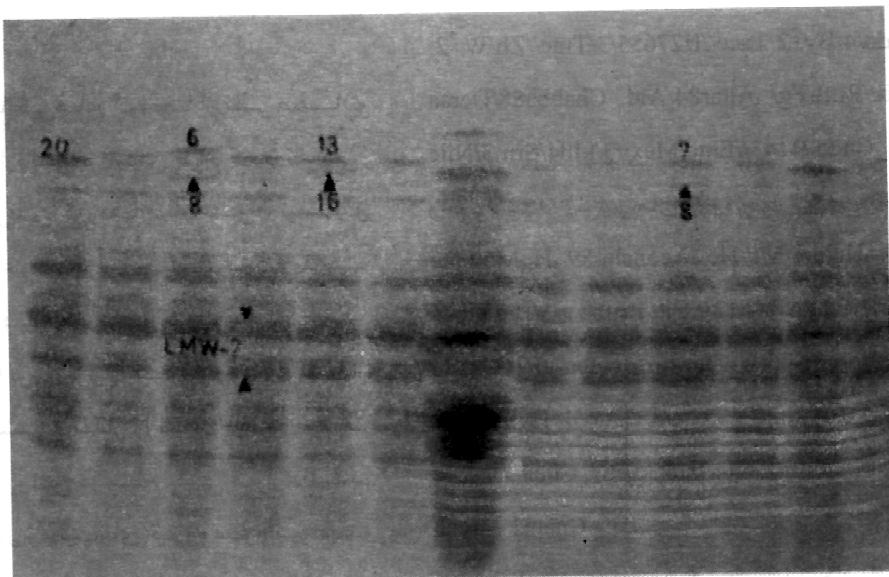
بنابراین، در صورتی که در برنامه‌های اصلاحی هدف انتخاب ژنوتیپ‌هایی با سطوح بالای محتوای پروتئین، محتوای گلوتن و حجم رسوب SDS باشد، از ژنوتیپ‌های مزبور می‌توان استفاده نمود.

در بررسی زیرواحدهای HMW گلوتنین، و در مکان ژنی Glu-A1 تنها آلل نول مشاهده شد، و لذا بررسی اثر زیرواحدهای این مکان ژنی بر صفات کیفیت دانه امکان‌پذیر نبود. اگرچه سیافی و همکاران (۹) نشان دادند که خواص گلوتن به شدت از تنوع آللی Glu-A1 تأثیر می‌پذیرد، و تورچتا و همکاران (۳۴) نیز گزارش کردند که آلل نول اثری بر حجم رسوب SDS ندارد، در صورتی که آلل ۱ حجم رسوب بیشتری

جدول ۵. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها^۱ در زیرواحدهای HMW ۳۳ ژنوتیپ گندم دوروم

میانگین	میانگین مربعات						صفات
	۲۰	۶+۸	۷+۸	ضریب تنوع	بین زیرواحدها	داخل زیرواحدها	
۲۷/۳ ^a	۲۷/۶ ^a	۲۶/۳ ^a	۱۴/۴	۱۴/۸	۴/۷	۰/۰	محتوای گلوتن تر (%)
۹/۸ ^a	۹/۹ ^a	۹/۶ ^a	۱۶/۴	۲/۵	۰/۲	۰/۰	محتوای گلوتن خشک (%)
۱۱/۸ ^a	۱۱/۹ ^a	۱۱/۶ ^a	۸/۹	۱/۱	۰/۲	۰/۰	محتوای پروتئین (%)
۴۵۹/۷ ^a	۴۵۴/۲ ^a	۴۸۳ ^a	۱۵/۴	۵۴۹۴/۴	۲۵۹/۰	۰/۰	سختی دانه (گرم بر میلی متر مربع)
۲۴/۷ ^a	۳۰/۹ ^a	۲۹/۶ ^a	۲۱/۲	۳۷/۰	۷۶/۱	۰/۰	حجم رسوب SDS (میلی لیتر)
۸۰/۱ ^a	۸۱/۴ ^a	۸۰/۰ ^a	۱/۷	۱/۸	۲/۸	۰/۰	وزن حجمی (کیلو گرم بر هکتولیتر)

۱. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. در هر ردیف تفاوت هر دو میانگین که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری معنی دار نیست.



شکل ۱. انواع باندهای گلوتنین HMW و LMW با روش SDS-PAGE. که به ترتیب از چپ به راست در ژنوتیپ‌های "Wizza-17" ، "Mexi" ، "Yazi-2" ، "Altar 84" ، "Mexical-75" ، "Luglug-1" ، "Chaika" ، "Aghchon" ، "Yazi-4" ، "Chen/Yav/Hut/Tab" و "PI40100" ، "Dipper-6" دیده شد.

نارند. این نتایج با یافته‌های سیافی و همکاران (۹)، وانسکوییز و همکاران (۳۵)، پنا و همکاران (۳۰) و کوواکس و همکاران (۲۳) هماهنگی دارد. اگرچه از نظر حجم رسوب SDS تفاوت معنی داری بین زیرواحدها وجود نداشت، ولی زیرواحدهای ۶+۸ و ۷+۸ نسبت به زیرواحد ۲۰ حجم رسوب SDS زیادتری را نشان دادند؛ در صورتی که محتوای پروتئین در هر سه زیر واحد میانگین تقریباً مشابهی داشت، که همین وضعیت برای

را موجب می‌شود. در مکان ۷نی Glu-B1 زیرواحدهای ۷+۸ (۶۰/۶ درصد)، ۶+۸ (۱۵/۱ درصد)، ۲۰ (۲۱/۲ درصد) و ۱۳+۱۶ (۳/۰۳ درصد) مشاهده شد. شکل ۱ نمونه‌ای از این واحدها را نشان می‌دهد.

تجزیه واریانس صفات کیفیت دانه بر مبنای زیرواحدهای HMW گلوتنین (جدول ۵) نشان داد که این زیرواحدها از نظر هیچ کدام از صفات کیفیت دانه اختلاف معنی داری با یکدیگر

اساس ترکیب زیرواحدهای گلوتنین انجام شد (جدول ۷). بر پایه نتایج جدول ۷، مشخص شد که تنها دو صفت محتوای پروتئینی و حجم رسوب SDS از نظر ترکیب زیرواحدها اختلاف معنی دار دارند. مقایسه میانگین‌های محتوای پروتئین در ترکیب زیرواحدها (جدول ۷) سه گروه را مشخص ساخت. در این میان ژنتوتیپ ۷+۸ LMW-1/HMW نسبت به ژنتوتیپ LMW-2/HMW ۷+۸ از تفاوت معنی دار چشم‌گیری برخوردار بود، که بزرگ‌ترین میانگین به ژنتوتیپ اول و کوچک‌ترین میانگین به ژنتوتیپ دوم تعلق داشت. ترکیبات زیرواحدی از نظر حجم رسوب SDS در سه گروه قرار گرفتند. ژنتوتیپ‌های LMW-2/HMW ۶+۸ نسبت به ژنتوتیپ LMW-2/HMW ۷+۸ با داشتن بیشترین میانگین‌ها نسبت به ژنتوتیپ LMW-1/HMW ۷+۸ با کمترین میانگین اختلاف معنی داری داشتند. اگرچه مقایسه میانگین‌ها در ژنتوتیپ‌های LMW-2/HMW ۷+۸ و LMW-2/HMW ۶+۸ تفاوت معنی داری را بین ترکیبات زیرواحدی نشان نداد، ولی برتری ژنتوتیپ ۶+۸ LMW-2/HMW از نظر کلیه صفات کیفیت دانه، به استثنای سختی دانه، آشکار بود. بنابراین، در صورت وجود LMW-2 زیرواحد HMW ۶+۸ برتری دارد.

گرامی و کوالست (۲) نیز به نتایج مشابهی در گندم دوروم دست یافته و به برتری زیرواحدهای HMW ۶+۸ بر ۷+۸، در صورت وجود LMW-2 اشاره کرده‌اند، ولی HMW ۷+۸ در صورت وجود LMW-1، بر ۶+۸ برتری داشته است. پنا و همکاران (۳۰) در صفات مقدار رسوب SDS، محتوای پروتئین در زیرواحدهای ۷+۸ و ۶+۸ و ۲۰ به همراه LMW-2 اختلاف معنی داری پیدا نکردند. مقایسه میانگین‌ها در ژنتوتیپ‌های LMW-2/HMW ۲۰ و LMW-2/HMW ۷+۸ نشان نداد، ولی ژنتوتیپ LMW-2/HMW ۲۰ از نظر صفات مرتبط با کمیت پروتئین و ژنتوتیپ ۷+۸ از نظر صفات مرتبط با کیفیت پروتئین بر دیگری برتری داشت. با توجه به مجموع نتایج، برتری زیرواحدهای LMW-2/HMW ۷+۸ از نظر کمیت پروتئین و زیرواحدهای

محتوای گلوتن نیز مشاهده گردید. پنا و همکاران (۳۰) نیز گزارش کردند که به رغم نبود تفاوت معنی دار در میان زیرواحدها از نظر محتوای پروتئین و حجم رسوب SDS، ژنتوتیپ‌های حامل زیرواحدهای ۶+۸ و ۲۰ نشان داده‌اند. در بیشتری را نسبت به زیرواحدهای ۶+۸ و ۲۰ نیز زیرواحد ۶+۸ نسبت به ژنتوتیپ کواکس و همکاران (۲۲) نیز زیر واحد SDS رسوب حجم ۲۰ نسبت به ژنتوتیپ LMW-2 زیادتری را دارا بود، ولی محتوای پروتئین در این زیرواحدها تفاوتی نداشت.

بررسی زیرواحدهای LMW گلوتنین نشان داد که دو الگوی اصلی LMW شامل LMW-1 و LMW-2 به ترتیب در ۶/۱ و ۹۳/۹ درصد از ژنتوتیپ‌ها مشاهده گردید. فروانی اندک LMW-1 نسبت به LMW-2 در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (۲۶ و ۳۰).

تجزیه واریانس صفات کیفیت دانه بر مبنای زیرواحدهای LMW گلوتنین (جدول ۶) نشان داد که بین LMW-1 و LMW-2 فقط از نظر دو صفت محتوای پروتئین دانه و حجم رسوب SDS اختلاف معنی داری (در سطح احتمال پنج درصد) وجود دارد. زیرواحدهای LMW-1 به مقدار پروتئین بیشتر و حجم رسوب SDS کمتر مربوط بودند، ولی در زیرواحدهای LMW-2 حجم رسوب SDS بیشتر و محتوای پروتئین کمتر دیده شد. سیافی و همکاران (۹) در بررسی رقم "کرسو" و نتاج نسل F₄ حاصل از تلاقي "کرسو" و یک رقم تترابلوید وحشی دریافتند که این رقم با دارا بودن زیر واحد LMW-2 دارای پایین‌ترین سطح پروتئین، و در عین حال سطح بالایی از حجم رسوب SDS است، در صورتی که رقم تترابلوید وحشی با زیر واحد LMW-1 دقیقاً حالت عکس را نشان داد. بنابراین، زیر واحد LMW-2 موجب کیفیت بهتر پروتئین و نهایتاً کیفیت بهتر پاستا می‌شود، زیرا هرچه حجم رسوب بیشتر باشد استحکام گلوتن زیادتر بوده و کیفیت پخت پاستا بهتر می‌شود (۱۳، ۱۶ و ۳۴).

به منظور بررسی اثر زیرواحدهای گلوتنینی HMW و LMW بر صفات کیفیت دانه به طور تأم، تجزیه واریانسی بر

جدول ۶. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها^۱ در زیر واحدهای LMW ۳۳ ژنوتیپ گندم دوروم

میانگین		ضریب تنوع	میانگین مربعات		صفات
LMW-2	LMW-1		داخل زیر واحدها	بین زیر واحدها	
۲۶/۳ ^a	۲۹/۴ ^a	۱۴/۵	۱۴/۸	۱۷/۶	محتوای گلوتن تر (%)
۹/۶ ^a	۱۰/۶ ^a	۱۶/۳	۲/۵	۱/۹	محتوای گلوتن خشک (%)
۱۱/۶ ^b	۱۳/۳ ^a	۸/۳	۰/۹	۶/۱*	محتوای پروتئین (%)
۴۸۲/۲ ^a	۴۵۳/۵ ^a	۱۵/۱	۵۲۸۲/۴	۱۵۴۳/۴	سختی دانه (گرم بر میلی متر مریع)
۲۹/۳ ^a	۱۹/۳ ^b	۲۰/۲	۳۳/۵	۱۸۸/۴*	حجم رسوب SDS (میلی لیتر)
۸۰/۵ ^a	۱۸/۹ ^a	۱/۷	۱/۸	۴/۰۱*	وزن حجمی (کیلو گرم بر هکتو لیتر)

۱. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. در هر ردیف تفاوت هر دو میانگین که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری معنی دار نیست.

*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۷. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها^۱ در ترکیب زیر واحدهای گلوتنینی HMW و LMW

میانگین صفات				ضریب تنوع	میانگین مربعات		صفات
-2/۲۰	-1/۷+۸	-2/۷+۸	-2/۶+۸		بین زیر واحدها	داخل زیر واحدها	
LMW	LMW	LMW	LMW				
۲۷/۳ ^{ab}	۲۹/۴ ^a	۲۵/۹ ^{ab}	۲۷/۶ ^{ab}	۱۴/۴	۱۴/۶	۱۶/۹	محتوای گلوتن تر (%)
۹/۸ ^a	۱۰/۶ ^a	۹/۵ ^a	۹/۹ ^a	۱۶/۶	۲/۶	۱/۹	محتوای گلوتن خشک (%)
۱۱/۸ ^{ab}	۱۳/۴ ^a	۱۱/۴ ^{bc}	۱۱/۹ ^{ab}	۸/۱	۰/۹	۲/۵*	محتوای پروتئین (%)
۴۹۵/۷ ^a	۴۵۳/۵ ^a	۴۸۶/۳ ^a	۴۵۴/۲ ^a	۱۵/۶	۵۶۲۱/۶	۱۹۷۳/۴	سختی دانه (گرم بر میلی متر مریع)
۲۴/۹ ^{ab}	۱۹/۳ ^b	۳۰/۷ ^a	۳۰/۹ ^a	۱۹/۱	۲۹/۹	۹۶/۸*	حجم رسوب SDS (میلی لیتر)
۸۰/۱ ^a	۸۱/۹ ^a	۸۰/۳ ^a	۸۱/۳ ^a	۱/۶	۱/۷	۳/۰	وزن حجمی (کیلو گرم بر هکتو لیتر) هکتو لیتر)

۱. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. در هر ردیف تفاوت هر دو میانگین که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری معنی دار نیست.

*: معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

اگرچه تفاوت معنی داری بین میانگین‌ها وجود نداشت، ولی مقایسه میانگین‌های محتوای پروتئین نشان داد که زیر واحد LMW-1 بیشترین و زیر واحدهای LMW-2 و نول و ۷+۸ از HMW کمترین میانگین را داشتند. به سخن دیگر، بین زیر واحد LMW-2 و کلیه زیر واحدهای HMW اختلاف معنی داری وجود نداشت، ولی زیر واحد LMW-1 با زیر واحدهای ۶+۸ و ۲۰ از

LMW-2/HMW ۷+۸ و LMW-2/HMW ۶+۸ از نظر کیفیت پروتئین آشکار بود.

به منظور بررسی اثر هر یک از زیر واحدها بر صفات کیفیت دانه، مقایسه‌ای بین کلیه زیر واحدهای LMW و HMW صورت گرفت (جدول ۸). میان زیر واحدهای HMW و LMW از نظر هیچ کدام از صفات کیفیت دانه اختلاف معنی داری دیده نشد.

جدول ۸. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های^۱ صفات کیفیت دانه بر مبنای کلیه زیرواحدها

میانگین صفات							میانگین مربعات				صفات
۲۰	۶+۸ ^a	۷+۸	نول	LM W-2	LMW-1	ضریب تنوع	داخل زیرواحدها	بین زیرواحدها			
۲۷/۳ ^a	۲۷/۶ ^a	۲۹/۳ ^{ab}	۲۶/۵ ^{ab}	۲۶/۳ ^{ab}	۲۹/۴ ^a	۱۴/۵	۱۴/۸	۱۰/۶	۱۰/۶	۱۰/۶	محتوای گلوتن تر (%)
۹/۸ ^{ab}	۹/۹ ^{ab}	۹/۶ ^{ab}	۹/۷ ^{ab}	۹/۶ ^{ab}	۱۰/۶ ^a	۱۶/۸	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	محتوای گلوتن خشک (%)
۱۱/۸ ^{ab}	۱۱/۹ ^{ab}	۱۱/۶ ^b	۱۱/۷ ^b	۱۱/۰ ^b	۱۳/۴ ^a	۸/۷	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	محتوای پروتئین (%)
۴۵۹/۷ ^a	۴۵۴/۲ ^a	۴۸۳ ^a	۴۸۰/۴ ^a	۴۸۰/۴ ^a	۴۵۳/۵ ^a	۱۵/۲	۱۲۵۰/۵	۱۲۵۰/۵	۱۲۵۰/۵	۱۲۵۰/۵	سختی دانه (گرم بر میلی متر مربع)
۲۴/۷ ^{ab}	۳۰/۹ ^a	۲۶/۶ ^a	۲۸/۷ ^{ab}	۲۹/۳ ^a	۱۹/۳ ^b	۲۰/۹	۳۶/۳	۵۶/۸	۵۶/۸	۵۶/۸	حجم رسوب SDS (میلی لیتر)
۸۰/۱ ^a	۸۱/۴ ^a	۸۰/۵ ^a	۸۰/۶ ^a	۸۰/۵ ^a	۸۱/۹ ^a	۱/۷	۱/۸	۱/۹	۱/۹	۱/۹	وزن حجمی (کیلوگرم بر هکتوولیتر)

۱. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. در هر ردیف تفاوت هر دو میانگین که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، از نظر آماری معنی دار نیست.

جدول ۹. ضرایب همبستگی صفات کیفیت دانه و زیرواحدهای گلوتنینی با متغیرهای متعارف

همبستگی صفات با متغیرهای				همبستگی صفات با متغیرهای				صفات کیفیت دانه	
متغیر		زیر واحد		متغیر		متغیر			
U۱	V۱	گلوتنین	نول	U۱	V۱	U۱	V۱		
۰/۸۴	۰/۶۶	LMW-2	X۱	-۰/۲۹	-۰/۳۷۰	۰/۸۴	۰/۳۷۰	۰/۸۴	y۱
-۰/۸۴	-۰/۶۶	LMW-1	X۲	-۰/۲۲	-۰/۲۷	-۰/۸۴	-۰/۲۷	-۰/۸۴	y۲
-۰/۱	-۰/۰۸	۶+۸	X۳	-۰/۴۹	-۰/۶۱	-۰/۱	-۰/۶۱	-۰/۱	y۳
۰/۲۸	۰/۲۲	۷+۸	X۴	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۲۸	۰/۰۹	۰/۲۸	y۴
-۰/۳۳	-۰/۲۶	۲۰	X۵	۰/۴۹	۰/۶۲	-۰/۳۳	۰/۶۲	-۰/۳۳	y۵
۰/۲۱	۰/۱۶	۱۳+۱۶	X۶	-۰/۲۱	-۰/۲۷	۰/۲۱	-۰/۲۷	۰/۲۱	y۶
.	.	نول	X۷						

از نظر محتوای گلوتن، تفاوت معنی داری بین زیر واحدها دیده نشد، و تنها زیر واحدهای LMW-1 و HMW ۷+۸ برای محتوای گلوتن تر و زیر واحد LMW-1 برای محتوای گلوتن خشک بیشترین میانگین را نشان دادند. دو صفت وزن حجمی و سختی دانه نیز در کلیه زیر واحدها میانگین های مشابهی داشتند. تورچتا و همکاران (۳۴) در بررسی ۲۰۰ لاین و رقم گندم دوروم و مطالعه حجم رسوب SDS در زیر واحدهای گلوتنینی، مشخص کردند که زیر واحد LMW-1 کمترین میانگین را داشته و با زیر واحدهای HMW ۷+۸ و ۶+۸ و ۲۰

زیر واحدهای HMW در یک گروه قرار گرفت، و با زیر واحدهای ۷+۸ و ناول از زیر واحدهای HMW اختلاف معنی داری داشت.

مقایسه میانگین های حجم رسوب SDS تفاوت معنی داری را بین زیر واحدهای ۶+۸ و ۲۰ متعلق به زیر واحدهای HMW و LMW-2 با بیشترین میانگین و زیر واحد LMW-1 با کمترین میانگین نشان داد. بین زیر واحد LMW-2 و کلیه زیر واحدهای HMW اختلاف معنی داری دیده نشد، ولی زیر واحد LMW-1 با زیر واحدهای HMW ۷+۸ و ۶+۸ اختلاف معنی داری نشان داد.

بیشترین هم‌بستگی را در جهت منفی با صفات محتوای پروتئین و محتوای گلوتن دارد. از سوی دیگر، همین متغیر متعارف LMW-2 بیشترین هم‌بستگی را در جهت مثبت با زیرواحدهای ۷+۸ HMW دارد. بیشترین هم‌بستگی را در جهت منفی با ۷+۸ HMW، و بیشترین هم‌بستگی را در جهت منفی با زیرواحدهای LMW-1 و HMW۲۰ دارد. مشابه همین وضعیت برای متغیر متعارف زیرواحدهای گلوتنین (U1) نیز دیده شد و بیشترین هم‌بستگی مثبت با LMW-2 و بیشترین هم‌بستگی منفی با LMW-1 وجود داشت. از سوی دیگر، بیشترین هم‌بستگی مثبت U1 با صفات کیفیت دانه در صفت حجم رسوب SDS، و بیشترین هم‌بستگی منفی U1 با صفات کیفیت دانه در محتوای پروتئین و محتوای گلوتن دیده شد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بودن زیرواحدهای LMW-2 و HMW ۷+۸ و نبود LMW-1 و HMW ۲۰ در گندمهای دوروم موجب افزایش حجم رسوب SDS و کاهش محتوای پروتئین و محتوای گلوتن می‌شود.

سپاسگزاری

هزینه‌های اجرای این طرح از محل اعتبارات طرح ملی تحقیقات شورای پژوهش‌های علمی کشور (طرح شماره ۱۱۳۸) و دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده است، که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

اختلاف معنی‌دار دارد. زیر واحدهای ۷+۸ HMW و ۶+۸ نیز نسبت به زیر واحد ۲۰ HMW حجم رسوب بیشتری داشته و در یک گروه قرار نگرفتند. در گزارش پنا و همکاران (۳۰)، کمترین میزان رسوب SDS در LMW-1 به میزان ۶/۸ میلی لیتر، و بیشترین میزان آن در زیرواحدهای ۷+۸ HMW و ۶+۸ به ترتیب معادل ۱۵/۲ و ۱۲/۱ میلی لیتر به دست آمد، و از نظر محتوای پروتئین تفاوت معنی‌داری بین زیرواحدها دیده نشد. در این پژوهش از تجزیه هم‌بستگی‌های متعارف برای بررسی ارتباط میان صفات کیفیت دانه و زیرواحدهای گلوتنین استفاده شد. متغیرهای x_1 تا x_7 برای معرفی زیرواحدها و متغیرهای y_1 تا y_6 برای معرفی صفات کیفیت دانه در نظر گرفته شد. چهار جفت متغیر متعارف معرفی شد که فقط یک جفت آنها در سطح احتمال پنج درصد دارای هم‌بستگی معنی‌دار بودند. بنابراین، به نظر می‌رسد که دلیلی برای نشان دادن ارتباط بین متغیرهای x و y وجود دارد. در صورتی که متغیر متعارف مربوط به صفات کیفیت دانه $V1$ و متغیر متعارف مربوط به زیرواحدهای گلوتنین U1 نام‌گذاری شود، معادلات زیر به دست می‌آید:

$$V_1 = 0.53y_1 + 0.49y_2 - 0.68y_3 + 0.30y_4 + 0.7y_5 - 0.31y_6$$

$$U1 = 0.93x_1 - 0.5x_3 - 0.27x_4 - 0.74x_5$$

برابر جدول ۹، متغیر متعارف صفات کیفیت دانه (V1)

بیشترین هم‌بستگی را در جهت مثبت با حجم رسوب SDS، و

منابع مورد استفاده

۱. حق‌نظری، ع.، ش. واعظی و ع. طالعی. ۱۳۷۵. تجزیه عاملی برخی صفات مؤثر در کیفیت پاستا در گندمهای دوروم بومی ایران. علوم و صنایع کشاورزی ۱۰(۲): ۱۴۱-۱۵۲.
۲. گرامی، ب. و ک. کوآلست. ۱۳۷۲. استفاده از روش الکتروفورز در اصلاح گندم. مجموعه مقالات اولین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۴۳-۱۶۹.
3. American Association of Cereal Chemists (AACC). 1983. Approved Methods of the AACC, Method No. 38-10 & 46-12, AACC, St. Paul, MN, USA.
4. Autran, J. C., J. Abecassis and P. P. Feillet. 1986. Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheats. Cereal Chem. 63: 390-394.

5. Boggini, G., P. Tusa and E. Pogna. 1995. Bread making quality of durum wheat genotypes with some novel glutenin subunit compositions. *J. Cereal Sci.* 22: 105-113.
6. Bozini, A. 1988. Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. PP. 1-16. In: G. Fabriani and C. Lintas (Eds.), *Durum Chemistry and Technology*. A.A.C.C., Inc., USA.
7. Branlard, G., J. G. Autran and P. Monneveux. 1989. High molecular weight glutenin subunit in durum wheat (*T. durum*). *Theor. Appl. Genet.* 18: 353-358.
8. Ciaffi, M., S. Benedettelli, B. Giorgi, E. Porceddu and D. Lafiandra. 1991. Seed storage proteins of *Triticum turgidum* spp. *dicoccoides* and their effect on the technological quality in durum wheat. *Plant Breed.* 107: 309-319.
9. Ciaffi, M., D. Lafiandra, E. Porceddu and S. Benedettelli. 1993. Storage-protein variation in wild emmer wheat (*Triticum turgidum* spp. *dicoccoides*) from Jordan and Turkey. I. Electrophoretic characterization of genotypes. *Theor. Appl. Genet.* 86: 474-480.
10. Deckard, E. L., L. R. Joppa, J. J. Hammond and G. A. Harelard. 1996. Grain protein determinants of the langdon durum-dicoccoides chromosome substitution lines. *Crop Sci.* 36: 1513-1516.
11. Degidio, M. G., B. M. Mariani, S. Nardi, P. Novaro and R. Cubadda. 1990. Chemical and technological variables and their relationships: a predictive equation for pasta cooking quality. *Cereal Chem.* 61: 275-281.
12. Dexter, J. E. and R. R. Matsuo. 1978. Effect of semolina extraction rate on semolina characteristics and spaghetti quality. *Cereal Chem.* 55: 841-852.
13. Dexter, J. E and R. R. Matsuo. 1980. Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. *J. Agric. Food Chem.* 28: 899-992.
14. Dexter, J. E., R. R. Matsuo and D. G. Martin. 1987. The relationship of durum wheat test weight to milling performance and spaghetti quality. *Cereal Food World* 32: 772-777.
15. Dexter, J. E., B. A. Marchylo, K. R. Preston, J. M. Clarke and M. Carcea. 1998. Comparison of the quality characteristics of some Italian and North American durum wheat cultivars. PP. 228-233. In: D. B. Fowler, W. E. Geddes, A. M. Johnston and K. R. Preston (Eds.), *Wheat Protein Production and Marketing*. Proc. Wheat Protein Symp., Saskatoon, Canada.
16. Dick, J. W. and J. S. Quick. 1983. A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines. *Cereal Chem.* 60: 315-318.
17. Fullington, J. G., E. W. Cole and D. D. Kasarda. 1983. Quantitative SDS-page of total proteins from different wheat varieties: effect of protein content. *J. Cereal Chem.* 60: 65-70.
18. Galterio, G., L. Grita and A. Brunori. 1993. Pasta-making quality in *Triticum durum*. New indices from the ratio among protein components separated by SDS-page. *Plant Breed.* 110: 290-296.
19. Joppa, L. R. and R. G. Cantrell. 1990. Chromosomal location of genes for grain protein content of wild tetraploid wheat. *Crop Sci.* 30: 1059-1063.
20. Joppa, L. R., G. A. Harelard and R. G. Cantrell. 1991. Quality characteristics of the langdon *durum-dicoccoides* chromosome substitution lines. *Crop Sci.* 31: 1513-1517.
21. Kovacs, M. I. P., G. Dahlke and J. S. Noll. 1994. Gluten viscoelasticity: its usefulness in the Canadian durum wheat breeding program. *J. Cereal Sci.* 19: 251-257.
22. Kovacs, M. I. P., N. K. Howes, J. M. Clarke and D. Leisle. 1998. Quality characteristics of durum wheat lines deriving high protein from a *Triticum dicoccoides* (6b) substitution. *J. Cereal Sci.* 27: 47-51.
23. Kovacs, M. I. P., N. K. Howes, D. Leisle and J. H. Skerritt. 1993. The effect of high Mr glutenin subunit composition on the results from tests used to predict durum wheat quality. *J. Cereal Sci.* 18: 43-51.
24. Kovacs, M. I. P., N. K. Howes, D. Leisle and J. Zawistowski. 1995. Effect of two different low molecular weight glutenin subunits on durum wheat pasta quality parameters. *Cereal Chem.* 72: 85-87.

25. Liu, C. G. 1995. Research note on identification of a new low Mr glutenin subunit locus on chromosome 1B of durum wheat. *J. Cereal Sci.* 21: 209-213.
26. Liu, C. Y. and K. W. Shepherd. 1996. Variation of B subunits of glutenin in durum, wild and less-widely cultivated tetraploid wheats. *Plant Breed.* 15: 172-178.
27. Marchylo, B. and J. E. Dexter. 1997. Wheat gluten, more than just bread products. *Can. Plant Biotechnol. Bulletin.* <http://www.Pbi.nrc.ca/bulletin/sept97/>
28. Payne, P. I., E. A. Jackson and L. W. Holt. 1984. The association between gliadin 45 and gluten strength in durum wheat varieties. A direct causal effect on the result of genetic linkage. *J. Cereal Sci.* 2: 73-81.
29. Payne, P. I. and C. J. Lawrence. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci. Glu-A1, Glu-B1, and Glu-D1 which code for high molecular weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.* 11(1): 29-35.
30. Pena, R. J., J. Zarco-Hernandez, A. Amaya-Celis and A. Mujeeb-Kazi. 1994. Relationships between chromosome 1B-encoded glutenin subunit compositions and bread-making quality characteristics of some durum wheat (*Triticum turgidum*) cultivars. *J. Cereal Sci.* 19: 243-249.
31. Porceddu, E., T. Turchetta, S. Masci, R. Davidio, D. Lafiandra, D. D. Kasarda, A. Lmpiglia and M. M. Nachit. 1998. Variation in endosperm protein composition and technological quality properties in durum wheat. *Euphytica* 100: 197-205.
32. Preston, K. R., P. R. March and K. H. Tipples. 1982. An assessment of the SDS-sedimentation test for the prediction of Canadian bread wheat quality. *Can. J. Plant Sci.* 62: 545-553.
33. Sreeramulu, G. and N. K. Singh. 1997. Genetic and biochemical characterization of novel low molecular weight glutenin subunits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genome* 40: 41-48.
34. Turchetta, T., M. Ciaffi, E. Porceddu and D. Lafiandra. 1995. Relationship between electrophoretic pattern of storage proteins and gluten strength in durum wheat landraces from Turkey. *Plant Breed.* 114: 406-412.
35. Vazquez, J. F., M. Ruiz, M. T. Nieto-Toladriz and M. Albuquerque. 1996. Effects on gluten strength of low Mr glutenin subunits coded by alleles at Glu-A3 and Glu-B3 loci in durum wheat. *J. Cereal Sci.* 24: 125-130.
36. Villareal, R. L., O. Banuelos and A. Mujeed-Razi. 1997. Agronomic performance of related durum wheat (*Triticum turgidum* L.) stocks possessing the chromosome substitution T1B1. *IRS. Crop Sci.* 37: 1735-1740.