

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

مریم گل آبادی و احمد ارزانی^۱

چکیده

به منظور بررسی صفات مرتبط با کیفیت دانه و زیرواحدهای گلوٹنین با وزن مولکولی زیاد (*HMW*) و کم (*LMW*)، ۱۰۴ ژنوتیپ گندم دوروم آزمایش شد. شش صفت کیفیت دانه شامل وزن حجمی، سختی دانه، گلوٹن تر، گلوٹن خشک، پروتئین و حجم رسوب *SDS* در این ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری گردید. تفکیک زیرواحدهای گلوٹنین *HMW* و *LMW* طبق روش ژل پلی‌اکریلامید سدیم دودسیل سولفات (*SDS-PAGE*) و روی ۳۳ ژنوتیپ انجام شد. محاسبات آماری شامل ضرایب هم‌بستگی ساده میان صفات کیفیت دانه، تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات کیفیت دانه، تجزیه واریانس صفات کیفیت دانه بر مبنای زیرواحدهای *LMW*، *HMW*، 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 جمعاً ۶۵ 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 خوشه‌ای 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 گلوٹنین، هفت زیرواحد *HMW* و دو زیرواحد *LMW* شناسایی گردید. در مکان ژنی *Glu-A1* تنها آلل نول مشاهده شد. در مکان ژنی *Glu-B1* زیرواحدهای $7+8$ ، $7+8$ ، $6+8$ ، $13+16$ و 20 دیده شدند، که هیچ کدام از نظر صفات کیفیت دانه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند؛ ولی زیرواحدهای $7+8$ و $7+8$ ، نسبت به زیرواحد 20 ، حجم رسوب *SDS* بیشتری 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* بیشتر مربوط می‌شدند. ترکیب زیرواحدهای $7+8$ / *LMW-1* بیشترین محتوای پروتئین، و ترکیب زیرواحدهای $6+8$ / *LMW-2* و $7+8$ / *LMW-2* بیشترین حجم رسوب *SDS* را داشتند. نتایج بررسی هم‌بستگی‌های متعارف نشان داد که وجود زیرواحدهای *LMW-2* و $7+8$ / *HMW* و نبود *LMW-1* و 20 / *HMW* در گندم‌های دوروم موجب افزایش حجم رسوب *SDS* و کاهش پروتئین و گلوٹن می‌شود.

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

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

مقدمه

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، ۱۹ 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 این که 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 گالتریو 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).

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 (هکتولیترا) 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 گلوٹینین و گلیادین تشکیل یافته است (۳۳). هر یک از این اجزا سهم متفاوتی در کیفیت گندم دوروم دارند. گلوٹینین پلیمری پیچیده بوده شامل پلی‌پپتیدهایی 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 ویسکوالاستیسیته متعادل در خمیر آرد گندم و قابلیت ارتجاع آن حایز اهمیت هستند (۲۵). تنوع زیرواحدهای گلوٹینین در گندم زیاد است و نتایج گزارش‌های بی‌شمار گویای ارتباط زیرواحدهای گلوٹینین با کیفیت گندم دوروم است (۲، ۸، ۹، 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 زیر واحدهای 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

محصولات پاستا در گندم دوروم، در ارتباط با یک آل 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 گلوٲتین 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 گلوٲتین 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 گلوٲتین به طور انتخابی و تصادفی برگزیده شد. برای بررسی گلوٲتین‌ها از ژل اکریلامید ۱۰ درصد از طریق روش ژل پلی‌اکریلامید سدیم دودسیل سولفات (SDS-PAGE) که توسط فولینگتن و همکاران (۱۷) تعدیل شده است، استفاده شد. تشخیص زیرواحدهای گلوٲتین 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 گلوٲتین گردید.

صفات مرتبط با کیفیت گندم دوروم، شامل وزن حجمی، سختی دانه، درصد گلوٲن تر و خشک، محتوای پروٲتین و

است، به طوری که لیو و شفرد (۲۶) در ۲۴۰ رقم گندم دوروم ۴۱ الگوی باندی متفاوت شناسایی کردند، که تنها دو نوار اصلی LMW-1 و LMW-2 با فراوانی زیاد مشاهده شد، و نوارهای دیگر فراوانی اندکی داشتند، و LMW-2 نیز فراوانی بیشتری را نشان داد. پاین و همکاران (۲۸) نشان دادند که در گندم دوروم بود یا نبود زیرواحدهای گلوٲتین 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 گلوٲن، نتیجتاً کیفیت فرآورده‌های حاصل از گندم دوروم در ارتباط هستند، با مکان‌های ژنی کنترل کننده زیرواحدهای LMW-1 و LMW-2 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 گلوٲن متفاوت معنی‌داری هستند، مرتبط می‌باشند (۲۹).

بنا بر گزارش پنا و همکاران (۳۰)، حجم رسوب SDS و محتوای پروٲتین در میان زیرواحدهای HMW تفاوت چندانی نشان نداد، اگرچه زیرواحد 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 LMW-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)، زیرواحد نول کمترین مقدار رسوب SDS را نشان داد (۳۴). تورچتا و همکاران (۳۴) گزارش دادند که ۷۸ درصد از تنوع موجود در حجم رسوب SDS مربوط به HMW و LMW است، که LMW به تنهایی ۵۴/۴ درصد این تنوع را توجیه می‌کند. در پژوهشی دیگر (۳۱) نیز مشخص شد که مکان‌های ژنی Glu-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 گلوتهین به صورت متغیر اندیکاتور (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 کامپیوتری 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 گلوتهین تر و خشک به ترتیب با ضریب تغییرات (CV) ۲۴/۳، ۱۷ و ۱۷/۵ دارای بیشترین تنوع 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 به‌نژادی 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 / Rok/ Fgo// Stil/ 3/ Tez/ Yav79/ Hut/ 4/ و / Nach/ Chen// Rufo/ Alo Ink/ Bha// Stn با ۴۹/۵ و ۴۸/۸ میلی‌لیتر بیشترین حجم رسوب SDS را نشان دادند. این دو ژنوتیپ از نظر دیگر صفات کیفیت دانه نیز در سطح بسیار بالایی قرار داشتند. بنا بر گزارش ویلاریال و همکاران (۳۶) روی ۲۲ لاین دوروم، و بوگینی و همکاران (۵) در بررسی ۱۴ ژنوتیپ 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 گلوتهین تر و خشک از طریق روش شست‌شو با دست، و طبق روش ۱۰-۳۸ 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 تعدیل یافته کلدال و بر اساس الگوی ۱۲-۴۶ AACC (۳) انجام شد. حجم رسوب SDS نیز طبق روش تعدیل 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 استفاده از متغیرهای استاندارد شده، و از طریق نرم‌افزار SPSS (Statistical Program for Social Sciences) صورت گرفت. برای تعیین تعداد گروه‌ها از آزمون T^2 کاذب هوتلینگ (Pseudo Hotelling T^2 test)، و معیار توان سوم خوشه‌ها (The Cubic Clustering Criterion)، و F بیل (Beal's F-Type Statistic) استفاده شد.

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

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

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

| صفات | محتوای گلوٹن تر | محتوای گلوٹن خشک | محتوای پروتئین | سختی دانه | حجم رسوب SDS | وزن حجمی |
|------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------|--------------|----------|
| محتوای گلوٹن تر | ۱ | | | | | |
| محتوای گلوٹن خشک | ۰/۹۲** | ۱ | | | | |
| محتوای پروتئین | ۰/۳۵** | ۰/۳۸** | ۱ | | | |
| سختی دانه | ۰/۱۸ | ۰/۱۷ | ۰/۰۵ | ۱ | | |
| حجم رسوب SDS | ۰/۳** | ۰/۳۶** | ۰/۲۶** | ۰/۲۸** | ۱ | |
| وزن حجمی | ۰/۱ | ۰/۱۱ | ۰/۰۳ | ۰/۱ | ۰/۰۵ | ۱ |

* و **: به ترتیب معنی دار 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 گلوٹن تر و محتوای پروتئین همبستگی مثبت و معنی داری به ترتیب برابر $r=0/9$ و $r=0/3$ 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 گلوٹن تر و خشک بیشترین ضریب همبستگی ($r=0/92$) را به خود اختصاص دادند. محتوای گلوٹن نشان دهنده کمیت پروتئین است و به عنوان فاکتور کمی معرفی می‌شود (۱۱). ولی محتوای گلوٹن علاوه بر داشتن همبستگی معنی دار با محتوای پروتئین ($r=0/3$)، با حجم رسوب SDS ($r=0/3$) نیز همبستگی معنی داری نشان داد، که گویای ارتباط میان کمیت گلوٹن با کیفیت آن است. با توجه به این که در تعیین کیفیت گلوٹن 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 ژنوتیپ 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 رسوب 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 گزینش ژنوتیپ‌های دارای پروتئین زیاد، و انتخاب بر اساس عامل دوم سبب گزینش 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 رسوب SDS، به نام فاکتور کمیت نام‌گذاری گردید. حق‌نظری 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 ژنوتیپ‌ها و مشخص نمودن ژنوتیپ‌هایی که از نظر ویژگی‌های کیفیت دانه مطلوب هستند، از تجزیه خوشه‌ای در مورد ژنوتیپ‌ها 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، ۱۷/۳۱، ۲۵ 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 عاملی 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 رسوب 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 رسوب SDS را توجیه کنند.

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

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

| صفات | میانگین مربعات | | ضریب تنوع | میانگین | | |
|----------------------------------|----------------|--------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | بین گروه‌ها | داخل گروه‌ها | | گروه اول | گروه دوم | گروه سوم |
| محتوای گلوٹن تر (%) | ۳۸۷/۹** | ۸/۸ | ۱۱/۳ | ۲۶/۹ ^b | ۲۲/۶ ^c | ۳۲/۸ ^a |
| محتوای گلوٹن خشک (%) | ۵۳/۲** | ۱/۳ | ۱۱/۹ | ۱۰/۱۷ ^b | ۸/۳ ^d | ۱۱/۹ ^a |
| محتوای پروتئین (%) | ۱۰/۴** | ۱/۶ | ۷/۳ | ۲۱/۱ ^b | ۱۱/۶ ^{bc} | ۲۱/۸۱ ^a |
| سختی دانه (گرم بر میلی‌متر مربع) | ۷۰۵۷۲/۵** | ۲۷۷۲/۳ | ۱۰/۹ | ۵۰۵/۴ ^b | ۴۳۱/۴ ^c | ۴۳۰/۹ ^c |
| حجم رسوب SDS (میلی‌لیتر) | ۵۹۵/۳** | ۳۳/۳ | ۱۹/۹ | ۲۶/۹ ^b | ۲۴/۸ ^b | ۳۳/۶ ^a |
| وزن حجمی (کیلوگرم بر هکتولتر) | ۱۴/۱** | ۱/۲ | ۱/۴ | ۸۱/۷ ^a | ۸۰/۱ ^c | ۸۱/۰ ^b |

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 معنی‌دار نیست.
** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

Krs/5/Cando/4/By *2/Tace//II27655/3/Tme//Zb/W *2

Govdz512/Cit//Ruff/Fg/، Altar84/Ald، Chabba88/Deraa

Rascon-6 و Cndo/R143//Ente/Mexi/3/kill4/Srn.3/Nile

وجود داشتند. ژنوتیپ‌های گروه چهارم شامل 6-Enpoda،

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 Mrbsh بودند.

بنابراین، در صورتی که در برنامه‌های اصلاحی هدف

انتخاب ژنوتیپ‌هایی با سطوح بالای محتوای پروتئین، محتوای

گلوٹن و حجم رسوب SDS باشد، از ژنوتیپ‌های مزبور

می‌توان استفاده نمود.

در بررسی زیرواحدهای HMW گلوٹنین، 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

گلوٹن به شدت از تنوع آلی 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

ژنوتیپ‌ها قرار داشتند.

به منظور مقایسه میانگین‌های گروه‌ها از نظر صفات

اندازه‌گیری شده، تجزیه واریانس 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،

Yr/Sprw's، Korifla، Massara-1، Sham-1، Marrout

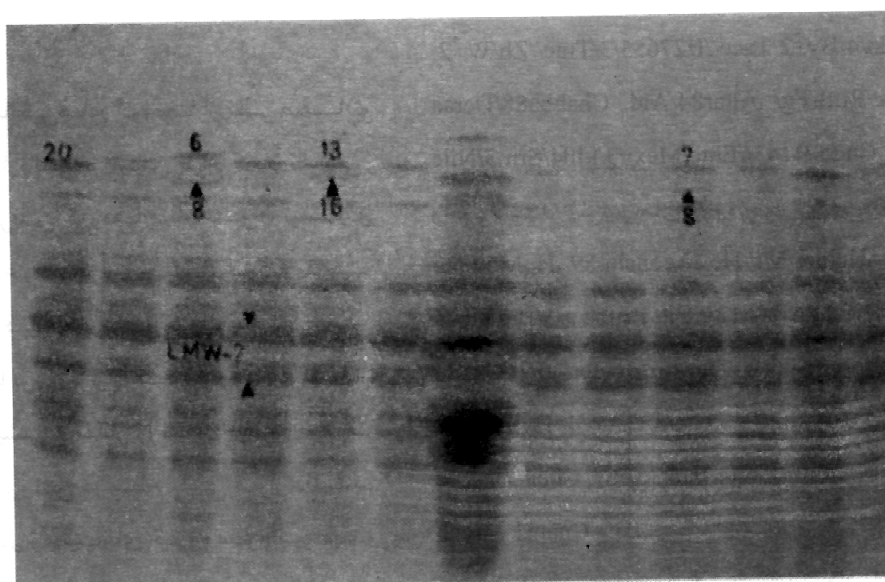
Gdovz512/45039 karay، Blikh-2، Syrica2/Omrabi 16

Rok/ Fg/ Still/ 3/ Stn، Cit// Ruff/ Fg/3/ Src3

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

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

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 معنی‌دار نیست.



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

ندارند. 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 معنی‌داری بین زیرواحدها وجود نداشت، ولی زیرواحدهای ۷+۸ و ۶+۸ نسبت به زیرواحد ۲۰ حجم رسوب SDS زیادتری را نشان دادند؛ در صورتی که محتوای پروتئین در هر سه زیرواحد میانگین تقریباً مشابهی داشت، که همین وضعیت برای

را موجب می‌شود. در مکان ژنی 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 گلوپتین (جدول ۵) نشان داد که این زیرواحدها از نظر هیچ کدام از صفات کیفیت دانه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر

اساس ترکیب زیرواحدهای گلوتئین 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 ژنوتیپ $LMW-1/HMW\ 7+8$ نسبت به ژنوتیپ $LMW-2/HMW\ 7+8$ از تفاوت معنی دار چشم‌گیری برخوردار بود، که بزرگ‌ترین میانگین به ژنوتیپ اول و کوچک‌ترین میانگین به ژنوتیپ دوم تعلق داشت. ترکیبات زیرواحدی از نظر حجم رسوب SDS در سه گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های $LMW-2/HMW\ 7+8$ نسبت به ژنوتیپ $LMW-2/HMW\ 7+8$ با داشتن بیشترین میانگین‌ها نسبت به ژنوتیپ $LMW-1/HMW\ 7+8$ با کمترین میانگین اختلاف معنی‌داری داشتند. اگرچه مقایسه میانگین‌ها در ژنوتیپ‌های $LMW-2/HMW\ 7+8$ و $LMW-2/HMW\ 7+8$ تفاوت معنی‌داری را بین ترکیبات زیرواحدی نشان نداد، ولی برتری ژنوتیپ $LMW-2/HMW\ 7+8$ از نظر کلیه صفات کیفیت دانه، به استثنای سختی دانه، آشکار بود. بنابراین، در صورت وجود $LMW-2$ ، زیرواحد $HMW\ 6+8$ بر $7+8$ برتری دارد.

گرامی و کوالست (۲) نیز به نتایج مشابهی در گندم دوروم دست یافته و به برتری زیرواحدهای $HMW\ 6+8$ بر $7+8$ ، در صورت وجود $LMW-2$ اشاره کرده‌اند، ولی $HMW\ 7+8$ ، در صورت وجود $LMW-1$ ، بر $6+8$ برتری داشته است. پنا و همکاران (۳۰) در صفات مقدار رسوب SDS، محتوای پروتئین در زیرواحدهای $7+8$ و $6+8$ و 20 به همراه $LMW-2$ اختلاف معنی‌داری پیدا نکردند. مقایسه میانگین‌ها در ژنوتیپ‌های $LMW-2/HMW\ 7+8$ و $LMW-2/HMW\ 20$ تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ولی ژنوتیپ $LMW-2/HMW\ 20$ از نظر صفات مرتبط با کمیت پروتئین و ژنوتیپ $LMW-2/HMW\ 7+8$ از نظر صفات مرتبط با کیفیت پروتئین بر دیگری برتری داشت. با توجه به مجموع نتایج، برتری زیرواحدهای $LMW-2/HMW\ 7+8$ از نظر کمیت پروتئین و زیرواحدهای

محتوای گلوتن نیز مشاهده گردید. پنا و همکاران (۳۰) نیز گزارش کردند که به رغم نبود تفاوت معنی‌دار در میان زیرواحدها از نظر محتوای پروتئین و حجم رسوب SDS، ژنوتیپ‌های حامل زیرواحدهای $7+8$ حجم رسوب SDS بیشتری را نسبت به زیرواحدهای $6+8$ و 20 نشان داده‌اند. در گزارش کوواکس و همکاران (۲۳) نیز زیرواحد $6+8$ نسبت به زیرواحد 20 حجم رسوب SDS زیادتری را دارا بود، ولی محتوای پروتئین در این زیرواحدها تفاوتی نداشت.

بررسی زیرواحدهای LMW گلوتئین نشان داد که دو الگوی اصلی LMW شامل $LMW-1$ و $LMW-2$ به ترتیب در $6/1$ و $9/93$ درصد از ژنوتیپ‌ها 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 گلوتئین (جدول ۶) نشان داد که بین $LMW-1$ و $LMW-2$ فقط از نظر دو صفت محتوای پروتئین دانه و حجم رسوب SDS اختلاف معنی‌داری (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 F_4 حاصل از تلاقی "کرسو" و یک رقم تتراپلوئید وحشی دریافتند که این رقم با دارا بودن زیرواحد $LMW-2$ دارای پایین‌ترین سطح پروتئین، و در عین حال سطح بالایی از حجم رسوب SDS است، در صورتی که رقم تتراپلوئید وحشی با زیرواحد $LMW-1$ دقیقاً حالت عکس را نشان داد. بنابراین، زیرواحد $LMW-2$ 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 گلوتئینی HMW و LMW بر صفات کیفیت دانه به طور توأم، 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 زیرواحدها | بین زیرواحدها | |
| ۲۶/۳ ^a | ۲۹/۴ ^a | ۱۴/۵ | ۱۴/۸ | ۱۷/۶ | محتوای گلو تن تر (%) |
| ۹/۶ ^a | ۱۰/۶ ^a | ۱۶/۳ | ۲/۵ | ۱/۹ | محتوای گلو تن 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 مربع) |
| 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 (کیلوگرم بر هکتولیترا) |

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 زیرواحدهای گلو تینی LMW و HMW

| میانگین صفات | | | | ضریب تنوع | میانگین مربعات | | صفات |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|----------------|----------------|----------------------------------|
| -2/۲۰ | -1/۷+۸ | -2/۷+۸ | -2/۶+۸ | | داخل زیرواحدها | بین 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 گلو تن تر (%) |
| ۹/۸ ^a | ۱۰/۶ ^a | ۹/۵ ^a | ۹/۹ ^a | ۱۶/۶ | ۲/۶ | ۱/۹ | محتوای گلو تن 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 مربع) |
| 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 (کیلوگرم بر هکتولیترا) |

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 زیرواحدهای LMW-2 و نول و ۷+۸ از HMW کمترین میانگین را داشتند. به سخن دیگر، بین زیر واحد LMW-2 و کلیه زیرواحدهای HMW اختلاف معنی داری وجود نداشت، ولی زیر واحد LMW-1 با زیرواحدهای 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 زیرواحدها بر صفات کیفیت دانه، مقایسه‌ای بین کلیه زیرواحدهای LMW و HMW صورت گرفت (جدول ۸). میان زیرواحدهای LMW و HMW 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

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

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 معنی‌دار نیست.

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

| صفات کیفیت دانه | هم‌بستگی صفات با متغیرهای متعارف | | زیر واحدهای گلوٹنین | هم‌بستگی صفات با متغیرهای متعارف |
|---------------------------------|----------------------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|
| | U ₁ | V ₁ | | |
| y ₁ محتوای گلوٹن تر | -۰/۲۹ | -۰/۳۷۰ | LMW -2 | x ₁ |
| y ₂ محتوای گلوٹن خشک | -۰/۲۲ | -۰/۲۷ | LMW -1 | x ₂ |
| y ₃ محتوای پروتئین | -۰/۴۹ | -۰/۶۱ | ۶+۸ | x ₃ |
| y ₄ سختی دانه | ۰/۰۷ | ۰/۰۹ | ۷+۸ | x ₄ |
| y ₅ حجم رسوب SDS | ۰/۴۹ | ۰/۶۲ | ۲۰ | x ₅ |
| y ₆ وزن حجمی | -۰/۲۱ | -۰/۲۷ | ۱۳+۱۶ | x ₆ |
| | . | . | نول | x ₇ |

از نظر محتوای گلوٹن، تفاوت معنی‌داری بین زیرواحدها دیده نشد، و تنها زیرواحدهای LMW-1 و HMW ۷+۸ برای محتوای گلوٹن تر و زیرواحد LMW-1 برای محتوای گلوٹن خشک بیشترین میانگین را نشان دادند. دو صفت وزن حجمی و سختی دانه نیز در کلیه زیرواحدها میانگین‌های مشابهی داشتند. تورچتا و همکاران (۳۴) در بررسی ۲۰۰ لاین و رقم گندم دوروم و مطالعه حجم رسوب SDS در زیرواحدهای گلوٹنینی، مشخص کردند که زیرواحد LMW-1 کمترین میانگین را داشته و با زیرواحدهای HMW ۷+۸ و ۶+۸ و ۲۰

زیرواحدهای HMW در یک گروه قرار گرفت، و با زیرواحدهای ۷+۸ و نول از زیرواحدهای HMW اختلاف معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین‌های حجم رسوب SDS تفاوت معنی‌داری را بین زیرواحدهای ۶+۸ و ۲۰ متعلق به زیرواحدهای HMW و LMW-2 با بیشترین میانگین و زیرواحد LMW-1 با کمترین میانگین نشان داد. بین زیرواحد LMW-2 و کلیه زیرواحدهای HMW اختلاف معنی‌داری دیده نشد، ولی زیرواحد LMW-1 با زیرواحدهای HMW ۷+۸ و ۶+۸ اختلاف معنی‌داری نشان داد.

بیشترین هم‌بستگی را در جهت منفی با صفات محتوای پروتئین و محتوای گلوتن دارد. از سوی دیگر، همین متغیر متعارف بیشترین هم‌بستگی را در جهت مثبت با زیرواحدهای LMW-2 و HMW ۷+۸، و بیشترین هم‌بستگی را در جهت منفی با زیرواحدهای LMW-1 و HMW ۲۰ دارد. مشابه همین وضعیت برای متغیر متعارف زیرواحدهای گلوٹنین (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 نبود 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 HMW ۷+۸ 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 میلی‌لیتر، و بیشترین میزان آن در زیرواحدهای HMW ۷+۸ و ۶+۸ به ترتیب معادل ۱۵/۲ و ۱۲/۱ میلی‌لیتر 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 گلوٹنین استفاده شد. متغیرهای x1 تا x7 برای معرفی زیرواحدها و متغیرهای y1 تا y6 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 گلوٹنین U1 نام‌گذاری شود، معادلات زیر به دست می‌آید:

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

$$U_1 = 0.93x_1 - 0.5x_3 - 0.27x_4 - 0.74x_5$$

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 ۱۶۹-۲۴۳.
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/ sept 97/](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. Mujeeb-Razi. 1997. Agronomic performace of related durum wheat (*Triticum turgidum* L.) stocks possessing the chromosome substitution T1Bl. IRS. *Crop Sci.* 37: 1735-1740.