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 SDS در این ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری گردید. تفکیک زیرواحدهای گلوتنین 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 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 جمعاً ٦٥ 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 گلوتنین، هفت زیرواحد HMW و دو زیرواحد LMW شناسایی گردید. در مکان ژنی Glu- Al تنها آلل نول مشاهده شد. در مکان ژنی Glu- Bl زیرواحدهای ۷+۸، ٦+۸، ١٦+١٣ و ۲۰ دیده شدند، که هیچ کدام از نظر صفات کیفیت دانه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند؛ ولی زیرواحدهای ٦+۸ و ۷+۸، نسبت به زیرواحد ۲۰، 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 زیر واحدهای ۷+۸ HMW/ LMW-1 بیشترین محتوای پروتئین، و ترکیب زیرواحدهای ٦+۸ /LMW-2 و ۷+۸ /LMW-2 بیشترین حجم رسوب SDS را داشتند. نتایج بررسی هم‌بستگی‌های متعارف نشان داد که وجود زیرواحدهای LMW-2 و ۷+۸ HMW و نبود LMW-1 و ۲۰ HMW در گندم‌های دوروم موجب افزایش حجم رسوب SDS و کاهش پروتئین و گلوتن می‌شود.

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

---

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

مقدمه

گندم دوروم بهترین ماده اولیه برای تولید پاستا (انواع محصولات ماکارونی، اسپاگتی، ورمیشل و غیره) است (٦ و ١١). ارزش این محصول به کمیت و کیفیت پروتئین و اسیدهای آمینه آن بستگی دارد (٦). 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 (٢٠). برخی از پژوهندگان محتوای پروتئین را عاملی در تعیین کیفیت پاستا و کیفیت پخت آن معرفی کرده‌اند (١٠، ١٣، ١٥، ١٩ و ٢٧). 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 (١٤ و ٢٧).

آتران و همکاران (٤) دریافتند که با افزایش محتوای پروتئین مدت زمان پخت افزایش می‌یابد، بدون این‌که اسپاگتی از بین برود. در بررسی دکارد و همکاران (١٠) در گندم دوروم مشخص شد که کروموزوم‌های 1A، 2A، 3A، 4B و 5B بر افزایش پروتئین دانه مؤثرند.

طبق گزارش گالتریو و همکاران (١٨)، 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 (٢١ و ٢٤)، 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 (١٦). افزون بر این، استحکام بیشتر گلوتن باعث کاهش شکستگی و خرد شدگی ماکارونی در مراحل تولید و توزیع می‌شود (٢٠)، ضمن این که میزان حجم رسوب SDS نیز عاملی است که با شاخص پخت هم‌بستگی نشان داده است (٩ و ٢٣).

از عوامل فیزیکی مؤثر در کیفیت، ارتباط سختی دانه با مقدار پروتئین زیاد و مرغوبیت گلوتن است (٦)، و تفاوت سختی دانه به تفاوت در کیفیت آرد به دست آمده منجر می‌شود (٢٠). صفت وزن حجمی (هکتولیتر) نیز با عملکرد سمولینا (١٢) و محتوای پروتئین سمولینا (١٤) 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 (٣٣). هر یک از این اجزا سهم متفاوتی در کیفیت گندم دوروم دارند. گلوتنین 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 (٣٣). این دو جزء در ایجاد خواص ویسکوالاستیسیته متعادل در خمیر آرد گندم و قابلیت ارتجاع آن حایز اهمیت هستند (٢٥). تنوع زیرواحدهای گلوتنین در گندم زیاد است و نتایج گزارش‌های بی‌شمار گویای ارتباط زیرواحدهای گلوتنین با کیفیت گندم دوروم است (٢، ٨، ٩، ٣٠، ٣١ و ٣٤). این زیرواحدها با مکان‌های ژنی Glu-A1 و Glu-B1 واقع بر بازوی بلند کروموزوم‌های همولوگ گروه ١ برای HMW (٨) و مکان‌های ژنی Glu-A3 و Glu-B1 واقع بر بازوی کوتاه کروموزم‌های همولوگ گروه ١ برای LMW (٣٤) کنترل می‌شوند.

اگرچه تنوع موجود در زیرواحدهای HMW گندم دوروم بسیار زیاد است (٧)، تنها شمار ناچیزی از آنها شامل زیر واحدهای ٢٠، ٨+٦ و ٨+٧ در مکان ژنی Glu-B1 اثر کمی بر کیفیت گلوتن و کیفیت پخت پاستا دارند (٨ و ٣٤). در حالی‌که زیرواحدهای HMW در مکان ژنی Glu-A1 اثر بیشتری در استحکام گلوتن و اصلاح کیفی گندم دوروم دارند (٢).

در مورد زیرواحدهای LMW نیز تنوع زیادی دیده شده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

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 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 فراورده‌های حاصل از گندم دوروم در ارتباط هستند، با مکان‌های ژنی کنترل کننده زیرواحدهای LMW-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).

بنا بر گزارش پنا و همکاران (۳۰)، حجم رسوب SDS و محتوای پروتئین در میان زیرواحدهای HMW تفاوت چندانی نشان نداد، اگرچه زیرواحد ۸+۷ 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 محصولات پاستا در گندم دوروم، در ارتباط با یک آلل خاص، به ترکیبات آللی 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 آللی برای زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکلولی 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 فولینگتن 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

حجم رسوب SDS در ۱۰٤ ژنوتیپ اندازه‌گیری شد. درصد گلوتن 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 AACC ٤٦-۱۲ (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 اینسترون (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 (Beeal's F-Type Statistic) کمک گرفته شد. در انجام عملیات آماری روی زیرواحدها، زیرواحدهای گلوتنین 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 گلوتن تر و خشک به ترتیب با ضریب تغییرات (CV) ۲٤/۳، 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 (٤).

ژنوتیپ‌های Rok/ Fgo// Stil/ 3/ Tez/ Yav79/ Hut/ 4/ Nach/ Chen// Rufo/ Alo و Ink/ Bha// Stn با ٤۹/۵ و ٤۸/۸ 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 (۳٦) روی ۲۲ لاین دوروم، و بوگینی و همکاران (۵) در بررسی ۱٤ 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 ٤/٤ درصد از تنوع کمی برخوردار بود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

جدول ۱. میانگین، انحراف‌معیار، 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 گلوتن تر	۲۶/۲ ±۰/۴۴	۴/۴	۷/۲	۳۹/۶	۱۷/۰
محتوای گلوتن 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 (میلی‌لیتر)	۲۹/۱ ±۰/۷	۷/۱	۱۳/۵	۴۹/۵	۲۴/۳
وزن حجمی (کیلوگرم بر هکتولیتر)	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 گلوتن تر	محتوای گلوتن خشک	محتوای پروتئین	سختی دانه	حجم رسوب SDS	وزن حجمی
محتوای گلوتن تر	۱					
محتوای گلوتن 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 معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲ ضرایب هم‌بستگی ساده صفات کیفیت دانه مورد بررسی را نشان می‌دهد. محتوای گلوتن تر و خشک بیشترین ضریب هم‌بستگی (r =۰/۹۲) را به خود اختصاص دادند. محتوای گلوتن نشان دهنده کمیت پروتئین است و به عنوان فاکتور کمّی معرفی می‌شود (۱۱). ولی محتوای گلوتن علاوه بر داشتن هم‌بستگی معنی‌دار با محتوای پروتئین (r =۰/۳)، با حجم رسوب SDS (r =۰/۳) 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 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 =۰/۳ و r =۰/۹ 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)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

جدول ۳. ضرایب عامل‌های مشترک، واریانس‌های نسبی و تجمعی و میزان اشتراک عامل‌ها در صفات کیفیت دانهٔ ۱۰٤ ژنوتیپ گندم دوروم

صفات	ضرایب عامل‌های مشترک دوران یافته		میزان اشتراک
	عامل ۱	عامل ۲	
محتوای گلوتن تر	۰/۹۳	−۰/۰۲	۰/۸۳
محتوای گلوتن خشک	۰/۹٤	۰/۰۲	۰/۸۹
محتوای پروتئین	۰/۵۸	۰/۱۵	۰/۳٤
سختی دانه	−۰/۲۹	۰/۸۳	۰/۷۷
حجم رسوب SDS	۰/٤٤	۰/٦۵	۰/٦۱
وزن حجمی	۰/۰۹	۰/۳۷	۰/۱٤
واریانس نسبی	۳۹/۸۳	۲۵/۱۹	
واریانس تجمعی	۳۹/۸۳	٦۵/۰۲	

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 ٦۵ 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 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 ۲٦ 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 ٤ آورده شده است. در گروه‌های یک تا چهار به ترتیب ٤۰/۳۸، ۱۷/۳۱، ۲۵ و ۱۷/۳ درصد از کل

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

جدول ٤. نتایج تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها[1] و ضرایب تنوع صفات در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای در ١٠٤ ژنوتیپ و بر اساس صفات کیفیت دانه

صفات	میانگین مربعات		ضریب	میانگین			
	بین گروه‌ها	داخل گروه‌ها	تنوع	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم
محتوای گلوتن تر (٪)	٣٨٧/٩**	٨/٨	١١/٣	٢٥/٢ b	٢٦/٩ b	٢٢/٦ c	٣٢/٨ a
محتوای گلوتن خشک (٪)	٥٣/٢**	١/٣	١١/٩	٨/٧ c	١٠/١٧ b	٨/٣ d	١١/٩ a
محتوای پروتئین (٪)	١٠/٤**	١/٦	٧/٣	١١/٣ c	٢١/١ b	١١/٦ bc	٢١/٨١ a
سختی دانه (گرم بر میلی‌متر مربع)	٧٠٥٧٢/٥**	٢٧٧٢/٣	١٠/٩	٥٠٥/٤ b	٥٤٦/٧ a	٤٣١/٤ c	٤٣٠/٩ c
حجم رسوب SDS (میلی‌لیتر)	٥٩٥/٣**	٣٣/٣	١٩/٩	٢٦/٩ b	٣٥/٥ a	٢٤/٨ b	٣٣/٦ a
وزن حجمی (کیلوگرم بر هکتولیتر)	١٤/١**	١/٢	١/٤	٨١/٧ a	٨٠/٨ b	٨٠/١ c	٨١/٠ b

١. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ٥ 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 ١ 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 کمّیت پروتئین سطح بالاتری را نشان دادند.

در گروه دوم ژنوتیپ‌های Shaw/Mald/Aaz/3/Syn، Marrout، Sham-1، Massara-1، Korifla، Yr/Sprw"s"، Syrica2/Omrabi 16، Blikh-2، 45039 karay، Gdovz512/Rok/ Fg/ Still/ 3/ Stn، Cit// Ruff/ Fg/3/Src3، Krs/5/Cando/4/By *2/Tace//II27655/3/Tme//Zb/W *2، Govdz512/Cit//Ruff/Fg/ Altar84/Ald, Chabba88/Deraa، Cndo/R143//Ente/Mexi/3/kill4/Srn،3/Nile و Rascon-6 وجود داشتند. ژنوتیپ‌های گروه چهارم شامل Enpoda-6، H. Mouline، Aconchi 89، Heider/Mt/ Ho، Ofn/Kill، Govdz 512// Cit/ Ruff/Fg/3/Brachoua، Aw12/Bit، Heider/Lahn-Sh،Heider//ch7//Cando، Strok، Chanst، Goodiz/Fg// Gta/3/Cndo/4/ Hviltub/5/ Omrabi-5، Ru/3/Ofn/Lanf4 Ian//Jor/Cr, Chen/Altar84، Mrb3/Chen و Cham1 Mrbsh بودند.

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 (٩) نشان دادند که خواص گلوتن به شدت از تنوع آللی Glu-A1 تأثیر می‌پذیرد، و تورچتا و همکاران (٣٤) نیز گزارش کردند که آلل نول اثری بر حجم رسوب SDS ندارد، در صورتی که آلل ١ حجم رسوب بیشتری

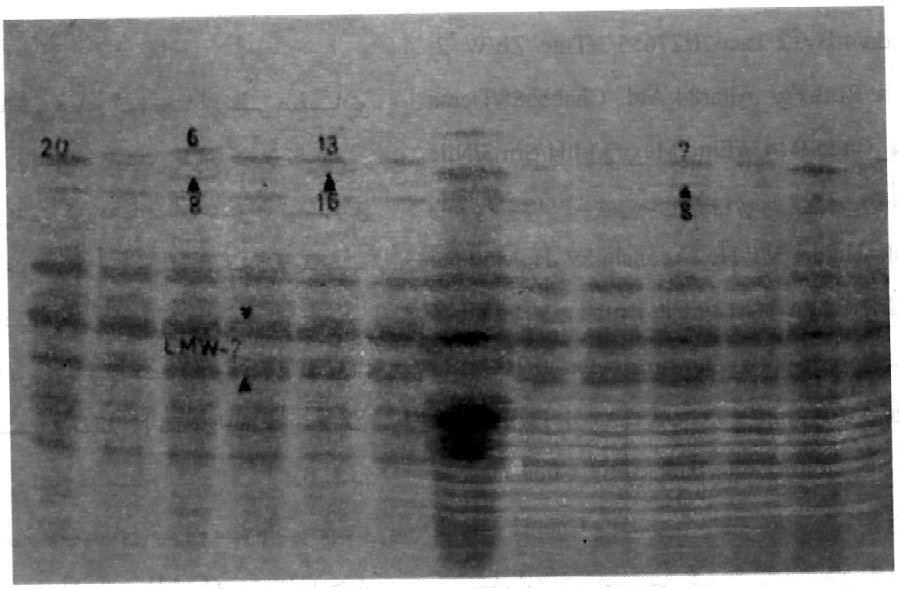
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

جدول ۵. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها[1] در زیرواحدهای HMW ۳۳ ژنوتیپ گندم دوروم

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



شکل ۱. انواع باندهای گلوتنین 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.

را موجب می‌شود. در مکان ژنی Glu-B1 زیرواحدهای ۷+۸ (۶۰/۶ درصد)، ۶+۸ (۱۵/۱ درصد)، ۲۰ (۲۱/۲ درصد) و ۱۶+۱۳ (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 معنی‌داری با یکدیگر ندارند. این نتایج با یافته‌های سیافی و همکاران (۹)، واسکوییز 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 ۶+۸ و ۷+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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

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 ۸+۷ حجم رسوب SDS بیشتری را نسبت به زیرواحدهای ۸+٦ و ۲۰ نشان داده‌اند. در گزارش کوواکس و همکاران (۲۳) نیز زیرواحد ۸+٦ نسبت به زیرواحد ۲۰ حجم رسوب SDS 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 ٦/۱ و ۹۳/۹ درصد از ژنوتیپ‌ها مشاهده گردید. فروانی اندک LMW-1 نسبت به LMW-2 در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (۲٦ و ۳۰).

تجزیه واریانس صفات کیفیت دانه بر مبنای زیراحدهای LMW گلوتنین (جدول ٦) 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 تتراپلویید 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 تتراپلویید 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، ۱٦ و ۳٤).

به منظور بررسی اثر زیرواحدهای گلوتنینی HMW و LMW بر صفات کیفیت دانه به طور توأم، تجزیه واریانسی بر 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 معنی‌دار دارند. مقایسه میانگین‌های محتوای پروتئین در ترکیب زیرواحدها (جدول ۷) سه گروه را مشخص ساخت. در این میان ژنوتیپ LMW-1/HMW ۷+۸ نسبت به ژنوتیپ LMW-2/ HMW ۷+۸ از تفاوت معنی‌دار 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 ٦+۸ نسبت به ژنوتیپ LMW-2/HMW۷+۸ با داشتن بیشترین میانگین‌ها نسبت به ژنوتیپ LMW-1/ HMW ۷+۸ با کمترین میانگین اختلاف معنی‌داری داشتند. اگرچه مقایسه میانگین‌ها در ژنوتیپ‌های LMW-2/ HMW ٦+۸ و LMW-2/HMW ۷+۸ تفاوت معنی‌داری را بین ترکیبات زیرواحدی نشان نداد، ولی برتری ژنوتیپ LMW-2/ HMW ٦+۸ از نظر کلیه صفات کیفیت دانه، به استثنای سختی دانه، آشکار بود. بنابراین، در صورت وجود LMW-2، زیرواحد HMW ٦+۸ بر ۷+۸ برتری دارد.

گرامی و کوالست (۲) نیز به نتایج مشابهی در گندم دوروم دست یافته و به برتری زیرواحدهای HMW ٦+۸ بر ۷+۸، در صورت وجود LMW-2 اشاره کرده‌اند، ولی HMW ۷+۸، در صورت وجود LMW-1، بر ٦+۸ برتری داشته است. پنا و همکاران (۳۰) در صفات مقدار رسوب SDS، محتوای پروتئین در زیرواحدهای ۷+۸ و ٦+۸ و ۲۰ به همراه LMW-2 اختلاف معنی‌داری پیدا نکردند. مقایسه میانگین‌ها در ژنوتیپ‌های LMW-2/HMW۷+۸ و LMW-2/HMW ۲۰ تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ولی ژنوتیپ LMW-2/HMW۲۰ از نظر صفات مرتبط با کمیت پروتئین و ژنوتیپ LMW-2/ HMW 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

جدول ٦. تجزیه واریانس ومقایسه میانگین‌ها[1] در زیر واحدهای LMW ۳۳ ژنوتیپ گندم دوروم

صفات	میانگین مربعات		ضریب	میانگین	
	بین زیرواحدها	داخل زیرواحدها	تنوع	LMW-1	LMW-2
محتوای گلوتن تر (٪)	۱۷/٦	۱٤/۸	۱٤/٥	۲۹/٤ a	۲٦/۳ a
محتوای گلوتن خشک (٪)	۱/۹	۲/٥	۱٦/۳	۱۰/٦ a	۹/٦ a
محتوای پروتئین (٪)	٦/۱*	۰/۹	۸/۳	۱۳/۳ a	۱۱/٦ b
سختی دانه (گرم بر میلی‌متر مربع)	۱٥٤۳/٤	٥۲۸۲/٤	۱٥/۱	٤٥۳/٥ a	٤۸۲/۲ a
حجم رسوب SDS (میلی‌لیتر)	۱۸۸/٤*	۳۳/٥	۲۰/۲	۱۹/۳ b	۲۹/۳ a
وزن حجمی (کیلوگرم بر هکتولیتر)	٤/۰۱*	۱/۸	۱/۷	۱۸/۹ a	۸۰/٥ a

۱. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ٥ 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 ٥ درصد

جدول ۷. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها[1] در ترکیب زیرواحدهای گلوتنینی HMW و LMW

صفات	میانگین مربعات		ضریب	میانگین صفات			
	بین زیر واحدها	داخل زیرواحدها	تنوع	-2/٦+۸ LMW	-2/۷+۸ LMW	-1/۷+۸ LMW	-2/۲۰ LMW
محتوای گلوتن تر (٪)	۱٦/۹	۱٤/٦	۱٤/٤	۲۷/٦ ab	۲٥/۹ ab	۲۹/٤ a	۲۷/۳ ab
محتوای گلوتن خشک (٪)	۱/۹	۲/٦	۱٦/٦	۹/۹ a	۹/٥ a	۱۰/٦ a	۹/۸ a
محتوای پروتئین (٪)	۲/٥*	۰/۹	۸/۱	۱۱/۹ ab	۱۱/٤ bc	۱۳/٤ a	۱۱/۸ ab
سختی دانه (گرم بر میلی‌متر مربع)	۱۹۷۳/٤	٥٦۲۱/٦	۱٥/٦	٤٥٤/۲ a	٤۸٦/۳ a	٤٥۳/٥ a	٤۹٥/۷ a
حجم رسوب SDS (میلی‌لیتر)	۹٦/۸*	۲۹/۹	۱۹/۱	۳۰/۹ a	۳۰/۷ a	۱۹/۳b	۲٤/۹ ab
وزن حجمی (کیلوگرم برهکتولیتر) هکتولیتر)	۳/۰	۱/۷	۱/٦	۸۱/۳ a	۸۰/۳ a	۸۱/۹ a	۸۰/۱ a

۱. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ٥ 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 ٥ درصد

LMW-2/HMW ۷+۸ و LMW-2/HMW ٦+۸ از نظر کیفیت پروتئین آشکار بود.

به منظور بررسی اثر هر یک از زیرواحدها بر صفات کیفیت دانه، مقایسه‌ای بین کلیه زیرواحدهای HMW و LMW صورت گرفت (جدول ۸). میان زیرواحدهای HMW و LMW از نظر هیچ کدام از صفات کیفیت دانه اختلاف معنی‌داری دیده نشد. اگرچه تفاوت معنی‌داری بین میانگین‌ها وجود نداشت، ولی مقایسه میانگین‌های محتوای پروتئین نشان داد که زیرواحد LMW-1 بیشترین و زیرواحدهای LMW-2 و نول و ۷+۸ از HMW کمترین میانگین را داشتند. به سخن دیگر، بین زیرواحد LMW-2 و کلیه زیرواحدهای HMW اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی زیرواحد LMW-1 با زیرواحدهای ٦+۸ و ۲۰ از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

جدول ۸. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های[1] صفات کیفیت دانه بر مبنای کلیه زیرواحدها

صفات	میانگین مربعات		ضریب	میانگین صفات					
	بین زیرواحدها	داخل زیرواحدها	تنوع	LMW-1	LMW-2	نول	۷+۸	٦+۸	۲۰
محتوای گلوتن تر (٪)	۱۰/٦	۱٤/۸	۱٤/۵	۲۹/٤ a	۲٦/۳ ab	۲٦/۵ ab	۲۹/۳ ab	۲۷/٦ a	۲۷/۳a
محتوای گلوتن خشک (٪)	۱/۲	۱/۲	۱٦/۸	۱۰/٦ a	۹/٦ ab	۹/۷ ab	۹/٦ ab	۹/۹ ab	۹/۸ ab
محتوای پروتئین (٪)	۱/٦	۱/۰	۸/۷	۱۳/٤ a	۱۱/۵ b	۱۱/۷ b	۱۱/٦ b	۱۱/۹ ab	۱۱/۸ ab
سختی دانه (گرم بر میلی‌متر مربع)	۱۲۵۰/۵	۱۲۵۰/۵	۱۵/۲	٤۵۳/۵ a	٤۸۰/٤ a	٤۸۰/٤ a	٤۸۳ a	٤۵٤/۲ a	٤۵۹/۷ a
حجم رسوب SDS (میلی‌لیتر)	۵٦/۸	۳٦/۳	۲۰/۹	۱۹/۳ b	۲۹/۳ a	۲۸/۷ ab	۲٦/٦ a	۳۰/۹ a	۲٤/۷ ab
وزن حجمی (کیلوگرم بر هکتولیتر)	۱/۹	۱/۸	۱/۷	۸۱/۹ a	۸۰/۵ a	۸۰/٦ a	۸۰/۵ a	۸۱/٤ 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 گلوتنینی با متغیرهای متعارف

	صفات کیفیت دانه	هم‌بستگی صفات با متغیرهای متعارف			زیر واحدهای گلوتنین	هم‌بستگی صفات با متغیرهای متعارف	
		V۱	U۱			V۱	U۱
y۱	محتوای گلوتن تر	-۰/۳۷۰	-۰/۲۹	x۱	LMW -2	۰/٦٦	۰/۸٤
y۲	محتوای گلوتن خشک	-۰/۲۷	-۰/۲۲	x۲	LMW -1	-۰/٦٦	-۰/۸٤
y۳	محتوای پروتئین	-۰/٦۱	-۰/٤۹	x۳	٦+۸	-۰/۰۸	-۰/۱
y٤	سختی دانه	۰/۰۹	۰/۰۷	x٤	۷+۸	۰/۲۲	۰/۲۸
y۵	حجم رسوب SDS	۰/٦۲	۰/٤۹	x۵	۲۰	-۰/۲٦	-۰/۳۳
y٦	وزن حجمی	-۰/۲۷	-۰/۲۱	x٦	۱۳+۱٦	۰/۱٦	۰/۲۱
				x۷	نول	۰	۰

زیرواحدهای HMW در یک گروه قرار گرفت، و با زیرواحدهای ۷+۸ و ناول از زیرواحدهای HMW اختلاف معنی‌داری داشت.

مقایسه میانگین‌های حجم رسوب SDS تفاوت معنی‌داری را بین زیرواحدهای ٦+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 ٦+۸ اختلاف معنی‌داری نشان داد.

از نظر محتوای گلوتن، تفاوت معنی‌داری بین زیرواحدها دیده نشد، و تنها زیرواحدهای LMW-1 و HMW ۷+۸ برای محتوای گلوتن تر و زیرواحد LMW-1 برای محتوای گلوتن خشک بیشترین میانگین را نشان دادند. دو صفت وزن حجمی و سختی دانه نیز در کلیه زیرواحدها میانگین‌های مشابهی داشتند. تورچتا و همکاران (۳٤) در بررسی ۲۰۰ لاین و رقم گندم دوروم و مطالعه حجم رسوب SDS در زیرواحدهای گلوتنینی، مشخص کردند که زیرواحد LMW-1 کمترین میانگین را داشته و با زیرواحدهای HMW ۷+۸ و ٦+۸ و ۲۰

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

اختلاف معنی‌دار دارد. زیر واحدهای HMW ۸+۷ و ۸+٦ نیز نسبت به زیرواحد HMW ۲۰ 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 ٦/۸ میلی‌لیتر، و بیشترین میزان آن در زیرواحدهای HMW ۸+۷ و ۸+٦ 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 گلوتنین استفاده شد. متغیرهای x۱ تا x۷ برای معرفی زیرواحدها و متغیرهای y۱ تا y٦ 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 متغییرهای x و y وجود دارد. در صورتی که متغیر متعارف مربوط به صفات کیفیت دانه V۱ و متغیر متعارف مربوط به زیرواحدهای گلوتنین U۱ 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 (V۱) بیشترین هم‌بستگی را در جهت مثبت با حجم رسوب SDS، و 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 ۸+۷، و بیشترین هم‌بستگی را در جهت منفی با زیرواحدهای LMW-1 و HMW۲۰ دارد. مشابه همین وضعیت برای متغیر متعارف زیرواحدهای گلوتنین (U۱) 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 U۱ با صفات کیفیت دانه در صفت حجم رسوب SDS، و بیشترین هم‌بستگی منفی U۱ با صفات کیفیت دانه در محتوای پروتئین و محتوای گلوتن دیده شد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بودن زیرواحدهای LMW-2 و HMW ۸+۷ 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.

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) :۱٤۱-۱۵۲.

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 ۱٦۹- ۲٤۳.

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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

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 cooklng 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. Hareland 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 viscoelastictiy: 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]

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/
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-Al, 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 performace of related durum wheat (*Triticum turgidum* L.) stocks possessing the chromosome substitution T1Bl. IRS. Crop Sci. 37: 1735-1740.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.3.15.1]