

رابطه بین زیر واحدهای گلو تئین با وزن مولکولی بالا با خصوصیات کیفی آرد در لاین های نو ترکیب گندم

عبدالمجید رضائی*

چکیده

رابطه بین زیر واحدهای گلو تئین با وزن مولکولی بالا و خواص کیفی آرد، با استفاده از ۱۱۷ لاین نو ترکیب F_7 حاصل از روش تک بذری در تلاقی انزاواینیا (به ترتیب لاین های با ارزش نانوائی پائین و بالا) مورد مطالعه قرار گرفت. والدها در هر سه مکان ژنی ۱-GLU دارای آلل های متفاوت بودند. لاین های نو ترکیب، برای ۸ ترکیب آلی ممکن، با استفاده از الکتروفورز باژل پلی آکریلامید طبقه بندی شدند. GLU-D1، اکثر تغییرات مشاهده شده در ارتفاع رسوب، زمان اختلاط، مقاومت خمیر و درصد پروتئین را توجیه کرد. در مکان ژنی GLU-D1، زیر واحدهای ۱۰+۵ بر ۱۲+۲ برتری نشان دادند. هر سه مکان ژنی، اثرات افزایشی معنی داری بر ارتفاع رسوب و مقاومت خمیر داشتند. اثرات افزایشی مکانی ژنی GLU-D1 بر زمان اختلاط و درصد پروتئین نیز معنی دار بود. اثرات متقابل ایستازی افزایشی به طور عمده منفی، و به استثناء α_{AB} و α_{AD} برای ارتفاع رسوب، معنی دار نبودند.

واژه های کلیدی - اثرات ایستازی، ارتفاع رسوب SDS، ژل پلی آکریلامید، میکسوگراف

مقدمه

واقع بر روی بازوی بلند کروموزم های همیولگ گروه ۱ کنترل می شوند. برای هر سه مکان ژنی تنوع آلی گزارش شده است (۲۵ و ۲۶). در الکتروفورز با ژل پلی آکریلامید^۱ در حضور SDS^۲، هر آلل با یک یا دو باند، نوار یا زیر واحد مشخص می شود.

چندین روش آزمایشگاهی برای تعیین کیفیت آرد وجود دارد. از آن جمله می توان به اطلاعات حاصل از دستگاه های فارینوگراف^۳، میکسوگراف^۴ و اکستنسیوگراف^۵، و آزمون های رسوب زنی^۶ و SDS اشاره نمود (۱ و ۲). اثرات مثبت و منفی زیر واحدهای گلو تئین با وزن مولکولی بالا بر ارزش های نانوائی آرد، که با این روشها سنجیده می شوند، گزارش شده است.

تفاوت در خواص نانوائی ارقام مختلف گندم، به تنوع در کیفیت گلو تن آنها نسبت داده شده است (۶، ۱۵، ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۲ و ۲۶). اجزای مختلف گلو تن سهم متفاوتی در ارزش نانوائی دارند، به طوری که گلیادین ها چسبندگی و گلو تئین ها کشش خمیر را باعث می شوند. این خصوصیات برای محبوس شدن گازهای حاصل در طی فرآیند خمیر و پخت، ضروری هستند (۱۳).

نتایج گزارش های متعدد حاکی از ارتباط زیر واحدهای گلو تئین با وزن مولکولی بالا با خواص مطلوب نانوائی آرد است (۳، ۴، ۵، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۴، ۲۸ و ۲۹). این زیر واحدها با مکان های ژنی GLU-A1، GLI-A1، GLU-B1 و GLU-D1

1- Polyacrilamid
5- Extensiograph

2- Sodium dodecyl sulphate
6- Zeleny

3- Farinograph

4- Mixograph

* استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

اثر آل‌های موجود در کروموزوم‌های 1A، 1B و 1D بر میزان رسوب معنی دار گزارش شده است (۵، ۱۶، ۱۸ و ۲۰). آزمون رسوب به طور غیر مستقیم، خواص فیزیکی خمیر، شامل کشش، چسبندگی و تورم گلو تن در محیط اسیدی را نشان می‌دهد. متوسط سهم ژنوم‌های A و B در میزان رسوب، تقریباً یکسان و کمتر از سهم ژنوم D می‌باشد. کاریلو و همکاران (۵) گزارش کرده‌اند که سهم مکان ژنی GLU-D۱ در مقدار رسوب SDS به مراتب بیشتر از مکان ژنی GLU-A۱، و سهم این مکان ژنی بیشتر از GLU-B۱ می‌باشد. آنها همچنین بر اثرات منفی و معنی دار اپیستازی این مکان‌های ژنی بر میزان رسوب تأکید کردند. در مکان ژنی GLU-A۱ سهم آل‌های ۱ و ۲* بر مقدار رسوب به طور معنی داری بیشتر از سهم آل نول می‌باشد (۵ و ۳۰). همچنین در مکان ژنی GLU-B۱، زیر واحدهای ۷+۹ سهم بیشتری نسبت به زیر واحدهای ۷+۸ و ۱۷+۱۸ دارند. در همین مکان ژنی، سهم مساوی آل‌های ۷+۸ و ۱۷+۱۸ بر ارتفاع رسوب گزارش گردیده است. در مکان ژنی GLU-D۱، زیر واحدهای ۵+۱۰ سهم بالاتری در مقدار رسوب دارند. زیر واحدهای ۲*، ۷+۸، ۷+۹ و ۵+۱۰ مقدار بیشتر رسوب و زیر واحدهای نول، ۶+۸ و ۲+۱۲ مقدار کمتر آن را سبب می‌شوند. زیر واحدهای ۱۷+۱۸ در مقایسه با زیر واحد ۱۲ نقش مهمتری در دوام خمیر دارند. همچنین سهم مکان GLU-D۱ در دوام خمیر بیشتر از GLU-B۱، و سهم GLU-B۱ بیشتر از GLU-A۱ می‌باشد (۱۴).

به طور کلی نقش میزان پروتئین در تعیین خواص کیفی آرد قابل توجه می‌باشد (۱۰ و ۲۵). به نحوی که برای یک ژنوتیپ خاص، بخش زیادی از تنوع در حجم نان و قابلیت کشش خمیر را می‌توان به تغییرات درصد پروتئین نسبت داد. همبستگی معنی داری بین درصد پروتئین آرد با زمان شکل گرفتن خمیر و مقاومت و قابلیت کشش خمیر و مقاومت آرد در برابر اختلاط با آب گزارش شده است. همچنین اثر قابل توجه میزان پروتئین بر ارزشهای کیفی، شامل عدد والیمتری، حجم نان و شاخص مقاومت فارینوگراف، در گزارشهای مختلف (۶ و ۲۵) مشاهده

کولستر و همکاران (۱۱) گزارش کردند که حدود ۳۰ تا ۷۹ درصد از تنوع در خواص نانوائی گندم، با تنوع ژنتیکی در مکانهای ژنی ۱-GLU توجیه می‌شود. ارتباط بین وجود یک آل و خواص نانوائی گندم، به ترکیبات آلی زیر واحدهای با وزن مولکولی بالا و اثر متقابل آنها نیز بستگی دارد. ترکیب زیر واحدهای ۲* و ۲+۱۲ با یکدیگر، در مقایسه با ترکیب زیر واحدهای نول و ۲+۱۲، کیفیت بالاتر نانوائی را سبب می‌شود (۱۵ و ۲۷). همچنین زیر واحدهای ۵+۱۰، در گندمهای با خواص نانوائی بالا و دارای خصوصیات مطلوب از نظر اختلاط آب و آرد، ارتفاع رسوب با SDS و حجم نان وجود دارند، و زیر واحدهای ۲ و ۱۲، در گندمهای با کیفیت پایین دیده می‌شوند (۱۲، ۲۳ و ۳۱). راجرز و همکاران (۲۹) گزارش کردند که زیر واحدهای جزء Y نقش مهمی در خواص نانوائی دارند. اما دقیقاً نمی‌توان مشخص کرد که کدام یک از دو جزء X یا Y در خواص کیفی مهمتر می‌باشند. همین مطالعه نشان داد که در صورت حذف باند 1Dx یا 1Dy، دوام گلو تن کاهش می‌یابد. این محققان همچنین گزارش کردند که حذف یک باند از مکان GLU-B۱ یا GLU-D۱، کاهش خواص نانوائی خمیر را سبب می‌گردد. آنها نشان دادند که حذف یک زیر واحد از مکان GLU-B۱ در مقایسه با GLU-D۱، به کاهش کمتری در کیفیت منجر می‌شود. این نشان می‌دهد که تنوع آلی در مکان GLU-B۱ نسبت به GLU-D۱، تأثیر چندانی در خواص کیفی ندارد. برنارد و داردوت (۴) گزارش کردند که باندهای ۲*، ۵+۱۰ و ۷+۹ همبستگی مثبتی با دوام و چسبندگی گلو تن دارند. آنها همچنین به وجود همبستگی معنی دار بین چسبندگی خمیر و زیر واحدهای ۱، ۱۶+۱۳ و ۱۸+۱۷ اشاره نمودند. گراما و همکاران (۱۰) اظهار داشته‌اند که در مکان ژنی GLU-A۱، زیر واحد ۲* در مقایسه با زیر واحد ۱، و در مکان ژنی GLU-B۱، زیر واحدهای ۷+۸ نسبت به ۱۷+۱۸، و زیر واحدهای ۱۶+۱۳ نسبت به ۷+۹، نقش مهمتری در خواص کیفی دارند. این پژوهشگران به ارزش بالاتر زیر واحدهای ۵+۱۰، در مقایسه با ۲+۱۲ در مکان ژنی GLU-D۱ نیز پی بردند.

از سایر ردیفها بود. تعداد روز تا ۵۰ درصد به خوشه رفتن، ارتفاع نهائی گیاه (سانتیمتر) و وزن ۲۰۰ دانه (گرم) برای هر کرت آزمایشی تعیین شد. وزن حجمی برای مخلوط بذر تکرارهای هر لاین نیز تعیین گردید.

الکتروفورز و آزمونهای کیفی

ترکیب زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در والدتها و لاینهای نو ترکیب، به روش الکتروفورز با ژل پلی اکریلامید در حضور SDS (۹) و بر مبنای شماره گذاری پایین و لاورنس (۲۷) تعیین شد (شکل ۱). طبق این نامگذاری بر مبنای آللها و زیر واحدها (در پرانتز) ژنوتیپ انزا (GLU-A1c(null)، GLU-B1b(۷+۸) و GLU-D1a(۲+۱۲) و ژنوتیپ اینیا (GLU-A1a(۱)، GLU-B1b(۱۳+۱۶) و GLU-D1d(۵+۱۰) می باشد. در این مطالعه، در هر یک از سه ژنوم، برای کروموزومهای همیولوگ گروه ۱ برای آللهای انزاواینیا، به ترتیب اندیسهای ۱ و ۲ در نظر گرفته می شوند. بدین ترتیب برای آللهای مورد مطالعه، به هر لاین نو ترکیب یکی از شمارههای ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۲۱، ۱۲۲، ۲۱۱، ۲۱۲، ۲۲۱ و ۲۲۲ اختصاص یافت. فراوانی لاینها برای شمارههای ژنوتیپی فوق، به ترتیب برابر با ۱۶، ۲۳، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۱۱، ۱۵ و ۱۲ بود.

یک نمونه ۳۰ گرمی از بذور هر کرت تمیز، و با آسیاب بودی^۴ آزمایشگاهی با غربال یک میلیمتری آرد شد. درصد پروتئین آرد بر مبنای ۱۴٪ رطوبت به طریق اسپکتروسکوپی و نور مادون قرمز تعیین گردید. از آزمون رسوب در حضور SDS به روش آکسفورد و همکاران (۳)، به عنوان معیاری از مقاومت گلوتن استفاده شد. در این روش، حلال مورد استفاده SDS با وزن حجمی ۹۱ درصد و اسید لاکتیک ۸۶ درصد می باشد. از بهم زن مکانیکی و یک گرم آرد استفاده شد. حجم رسوب (میلی لیتر) پس از ۲۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتیگراد) تعیین و اندازه گیری ارتفاع رسوب هر نمونه ۴ مرتبه تکرار گردید.

می شود. تناقض در ترتیب اهمیت زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا، که توسط محققین متعدد ارائه شده، به عوامل بسیاری نظیر زمینه های ژنتیکی متفاوت، اثرات اپیستازی و اثرات متقابل ژنوتیپ x محیط بستگی دارد (۲۳).

پاین و لاورنس (۲۷) بر اساس اهمیت زیر واحدها در خواص کیفی، امتیازهایی را به برخی از آنها اختصاص داده اند تا بتوان از آنها به عنوان شاخص در ارزیابی ارزش نانوائی ارقام گندم استفاده نمود. بر این اساس و با توجه به ترکیب زیر واحدها، به ارقام گندم امتیازهایی بین ۳ تا ۱۰ داده می شود. با توجه به آنچه در این مقدمه بیان شد. این مطالعه با اهداف زیر طرح ریزی و انجام گردید:

- ۱- بررسی تنوع آللی برای زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در لاینهای نو ترکیب گندم.
- ۲- تعیین رابطه بین خواص کیفی آرد و زیر واحدهای گلوتنین.
- ۳- تخمین اثرات افزایشی و اپیستازی آللها بر خواص کیفی آرد.

مواد و روشها ژنوتیپها

ژنوتیپهای مورد بررسی، ۱۱۷ لاین نو ترکیب حاصل از تلاقی ارقام انزا^۱ و اینیا^۲ در نسل F_۷ بودند. نتایج حاصل از تلاقی بین انزا و اینیا که به ترتیب ارقامی با کیفیت نامطلوب و مطلوب می باشند، تا نسل F_۶ به روش تک بذر^۳ پیش برده شدند و در این نسل به صورت یکجا برای انجام ارزیابیهای زراعی و کیفی برداشت شدند.

آزمایش مزرعه

والدها و ۱۱۷ لاین نو ترکیب به صورت طرح بلوکهای کامل تصادفی در ۳ تکرار، در پائیز ۱۳۷۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کالیفرنیا در دیویس، تحت شرایط معمول زراعی منطقه کشت شدند. والدتها در هر بلوک ۳ مرتبه تکرار گردیدند. هر کرت شامل یک ردیف کاشت به طول ۲/۸ متر و فاصله ۳۰ سانتیمتر

انزا	اینیا
2	1
	5
7	13
	16
8	10
12	

شکل ۱- الگوی زیر واحدهای گلو تئین با وزن مولکولی بالا در ژل پلی اکریلامید در لاین‌های حاصل از تلاقی انزا × اینیا

مکان ژنی، و اثرات متقابل آنها تعیین گردد.

نتایج و بحث

تعداد لاین‌های نو ترکیب برای هر زیر واحد گلو تئین متفاوت بود (جدول ۱)، اما بر مبنای آزمون کای اسکور ($\chi^2 = 8/05$)، فراوانیهای مشاهده شده از نظر آماری اختلاف معنی داری با فراوانیهای مورد انتظار در هر زیر واحد نداشتند. این نتیجه حاکی از تفکیک تصادفی ۸ ترکیب ممکن بین زیر واحدهای گلو تئین می‌باشد. اختلاف بین دو والد، از نظر درصد پروتئین، ارتفاع رسوب، SDS، ارتفاع بوته و تعداد روز تا به خوشه رفتن معنی دار بود. زیر واحدهای مختلف گلو تئین اثر معنی داری بر خصوصیات زراعی نداشتند (جدول ۱). همچنین، همبستگی معنی داری بین خصوصیات کیفی و زراعی مشاهده نشد. بنابراین، در این مقاله تنها نتایج حاصل از بررسی صفات کیفی ارائه می‌شوند.

اکثر خصوصیات کیفی همبستگی بسیار معنی داری را با یکدیگر نشان دادند. ضرایب همبستگی بین ارتفاع رسوب با SDS، زمان اختلاط، مقاومت خمیر و درصد پروتئین به ترتیب برابر با $0/45^{***}$ ، $0/49^{***}$ و $0/49^{***}$ بود. زمان اختلاط و مقاومت خمیر نیز با ضریب $0/54^{***}$ همبستگی داشتند، ولی درصد پروتئین با مقاومت خمیر و زمان اختلاط همبستگی

آزمون میکسوگراف به روش فینی و شوگرن (۸) بر روی دو نمونه ۱۰ گرمی آرد از هر تکرار لاین‌ها انجام شد. بدین منظور، بذور به رطوبت یکنواخت ۱۵ درصد حجمی رسانیده شدند و سپس آرد گردیدند. درصد استخراج آرد همه نمونه‌ها بین ۷۷ تا ۷۹ درصد بود. فاصله زمانی شروع اختلاط تا نقطه اوج نمودار میکسوگراف (دقیقه)، به عنوان معیاری از حداکثر زمان اختلاط، و عرض نمودار میکسوگراف در ۲ دقیقه پس از نقطه اوج، به عنوان محکی از مقاومت خمیر تعیین شدند.

تجزیه و تحلیل

صفات اندازه‌گیری شده بر مبنای کورت و میانگین صفات اندازه‌گیری شده روی چند نمونه، مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. تنوع ژنتیکی بین لاین‌های نو ترکیب در هر زیر واحد گلو تئین با وزن مولکولی بالا، برای هر صفت تعیین شد، و با استفاده از خطای تجزیه واریانس مورد آزمون آماری قرار گرفت. تنوع ژنتیکی بین والد‌ها در تجزیه جداگانه‌ای تعیین گردید. واریانس بین لاین‌های نو ترکیب به مقایسه‌های مستقل با یک درجه آزادی برای ۳ مکان ژنی تفکیک شد (۵ و ۳۰) تا اثرات ژنتیکی افزایشی ($\alpha_A, \alpha_B, \alpha_D$)، افزایشی × افزایشی (α_{AD})، و افزایشی × افزایشی × افزایشی (α_{ABD}) برای هر

جدول ۱- مقایسه^۱ میانگینهای صفات زراعی و کیفی برای هر یک از زیر واحدهای گلوتئین با وزن مولکولی بالا، والدما و لاین های نوترکیب.

وزن ۲۰۰ دانه (گرم)	ارتفاع گیاه تاریخ به روزن (روز)	ارتفاع (سانتی متر)	حجمی (هکتولیت)	وزن (گرم)	مقدار (درصد)	مقاومت (سانتی متر)	خیمیر (دقیقه)	اختلاط (میلی لیتر)	زمان (دقیقه)	ارتفاع (میلی لیتر)	تعداد ارتفاع لاین	اندیس ژنوتیپ لاین	زیر واحد گلوتئین		
													D ^۱	B ^۱	A ^۱
۷/۶۰	۳۳/۸۱	۶۹/۲۷	۴۱/۶	۱۷/۱۵ab	۱/۶۸c	۳/۵۴a	۹۳/۸۸ab	۱۲	۲۲۲	۵+۱۰	۱۳+۱۶	۱			
۶/۰۶	۳۳/۴۴	۷۰/۱۰	۴۲/۵	۱۶/۵۱ab	۱/۵۱d	۲/۶۷b	۷۶/۹۹c	۱۵	۲۲۱	۲+۱۲	۱۳+۱۶	۱			
۶/۰۹	۳۱/۲۲	۶۹/۶۱	۴۱/۷	۱۷/۲۱a	۱/۸۴a	۳/۴۱ab	۹۹/۴۱a	۱۱	۲۱۲	۵+۱۰	۷+۸	۱			
۶/۱۶	۳۲/۸۴	۶۸/۲۲	۴۱/۱	۱۶/۷۱ab	۱/۶۵c	۲/۵۶bc	۸۷/۱۳c	۱۷	۲۱۱	۲+۱۲	۷+۸	۱			
۵/۸۳	۳۲/۶۴	۶۷/۳۷	۴۲/۴	۱۶/۰۶b	۱/۷۵b	۳/۷۱a	۸۷/۷۱abc	۱۲	۱۲۲	۵+۱۰	۱۳+۱۶	۰			
۵/۶۹	۳۵/۸۲	۶۵/۵۸	۴۲/۳	۱۶/۳۵ab	۱/۳۴f	۲/۲۳c	۶۰/۹۲d	۱۱	۱۲۱	۲+۱۲	۱۳+۱۶	۰			
۵/۹۳	۳۴/۹۶	۷۰/۰۷	۴۲/۱	۱۶/۷۱ab	۱/۶۹c	۳/۳۰b	۸۳/۹۶bc	۲۳	۱۱۲	۵+۱۰	۷+۸	۰			
۵/۹۵	۳۴/۰۸	۶۹/۷۵	۴۱/۷	۱۶/۶۹ab	۱/۴۶e	۲/۲۵c	۶۳/۸۰d	۱۶	۱۱۱	۲+۱۲	۷+۸	۰			
۰/۷۸	۰/۸۷	۱/۶۶	-	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۱۴	۲/۸۰								خطای استاندارد ^۲
۵/۸۵A	۴۱/۱۴A	۷۳/۴۳A	۴۰/۴	۱۶/۰۰B	۱/۶۰A	۲/۶۴A	۵۹/۲۹A								انزای
۵/۷۳A	۳۳/۴۳B	۶۷/۷۱B	۳۵/۹	۱۷/۱۱A	۱/۷۰A	۳/۰۰A	۸۸/۰۰B								اینیا
۶/۱۳	۳۳/۸۰	۶۸/۸۸	۴۱/۹	۱۶/۷۸	۱/۶۲	۲/۹۴	۸۰/۱۵								لاین های نوترکیب

۱- در هر ستون میانگینهایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می باشند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی دار هستند.

۲- با فرض ۱۵ لاین برای هر زیر واحد گلوتئین

جدول ۲- میانگین مربعات هر زیر واحد گلو تئین و اثرات متقابل آنها برای صفات کیفی

منابع تغییر	ارتفاع رسوب	زمان اختلاط	مقاومت خمیر	درصد پروتئین
GLU-A ₁	۸۹۴۴/۵**	۰/۰۸	۰/۱۹*	۱/۸۲
GLU-B ₁	۱۶۰/۲	۰/۵۹	۰/۲۱*	۰/۱۷
GLU-D ₁	۳۷۴۵۲/۲***	۳۱/۴۲***	۱/۶۳***	۱۴/۶۱***
GLU-A ₁ ×GLU-B ₁	۲۸۹/۳	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۶۶
GLU-A ₁ ×GLU-D ₁	۲۷۲/۰	۰/۸۸	۰/۰۹	۱/۸۰
GLU-B ₁ ×GLU-D ₁	۳۵/۳	۰/۳۷	۰/۰۴	۳/۷۰*
GLU-A ₁ ×GLU-B ₁ ×GLU-D ₁	۶۲۶/۴*	۰/۲۸	۰/۰۷	۱/۴۰
داخل ژنوتیپ‌ها	۱۱۷/۷	۰/۲۸	۰/۰۳	۰/۷۳

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

را داشتند به طور معنی داری بیشتر از لاین‌های واجد زیر واحدهای ۲ و ۱۲ بود. نتایج مشابهی توسط ون گلدر و همکاران (۳۱)، پوگنا و همکاران (۲۸)، کولستر و همکاران (۱۲) و راجرز و همکاران (۲۹) گزارش شده است.

منلی و همکاران (۱۷) با مطالعه عدد والوریمتری فارینوگراف، حداکثر ارتفاع اکستنسیوگرام، پایداری و استحکام خمیر بر مبنای آلوفوگرام و زمان نقطه اوج میکسوگراف، گزارش نموده‌اند که زیر واحدهای ۱۰+۵ و ۱۲+۲، به ترتیب به طور مثبت و منفی با خواص کیفی آرد همبستگی معنی دار دارند. در این بررسی، ویژگیهای مطلوب آرد نظیر زمان طولانی اختلاط و مقاومت خمیر نیز با زیر واحدهای ۵ و ۱۰ در مکان ژنی GLU-D₁ مرتبط بود.

بنابر گزارش فینی و شوگرن (۸) خمیری با زمان اختلاط کوتاه ۱/۵ دقیقه ای، نسبت به خمیرهای با زمان اختلاط بیشتر (۲/۵ تا ۳ دقیقه)، قابلیت ارتجاع و کشش بیشتری دارد. به طور کلی، با افزایش زمان اختلاط تا ۴ یا ۵ دقیقه، قابلیت کشش خمیر کاهش می‌یابد، و پایداری، قابلیت ارتجاع و مقاومت آن افزایش پیدا می‌کند.

تنوع آلی در مکان ژنی GLU-B₁، در مقایسه با مکان ژنی GLU-D₁، و تا حدودی در قیاس با تنوع آلی در مکان ژنی

نداشت. بنابراین، به نظر می‌رسد که ارتفاع رسوب با SDS، معیار مناسبی برای پیش بینی خواص و ارزش نانوائی گندم باشد. راست و همکاران (۳۰) و نیز برخی از محققان دیگر (۷،۴ و ۱۳) با بررسی لاین‌های نوترکیب گندم با درصد پروتئین پائین به نتایج مشابهی دست یافته‌اند.

اثرات اصلی آل‌های مختلف در مکان ژنی GLU-D₁، بر تمام صفات مورد بررسی معنی دار بود (جدول ۲). همچنین اثرات متقابل آنها با آل‌های مکانی ژنی GLU-B₁ برای درصد پروتئین، و اثر متقابل آنها با آل‌های هر دو مکان ژنی دیگر برای ارتفاع رسوب، از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۲). اثرات اصلی آل‌ها در مکان ژنی GLU-A₁ بر مقاومت خمیر و ارتفاع رسوب، به ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار بود. آل‌های مکانی ژنی GLU-B₁، تنها بر مقاومت خمیر اثر معنی دار داشتند.

جدول ۱ میانگین لاین‌ها در ترکیبهای ۸ گانه از زیر واحدهای گلو تئین با وزن مولکولی بالا را برای صفات مورد بررسی نشان می‌دهد. در بین زیر واحدهای مطالعه شده، تنوع آلی در مکان ژنی GLU-D₁ اثرات بارزی بر خواص کیفی داشت. میانگینهای درصد پروتئین، زمان اختلاط، مقاومت خمیر و ارتفاع رسوب، برای لاین‌هایی که زیر واحدهای ۵ و ۱۰

جدول ۳- اثرات افزایشی (α_A ، α_B و α_D) و متقابل (α_{AB} ، α_{BD} ، α_{AD} و α_{ABD}) ژن‌ها بر مبنای میانگین خصوصیات لاین‌های نوترکیب حاصل از تلاقی انزاواینیا

اثر ژن							صفت
α_{ABD}	α_{BD}	α_{AD}	α_{AB}	α_D	α_B	α_A	
-۰/۲۵	۱/۰۴	-۲/۲۲**	-۲/۰۷**	۹/۵۱**	-۱/۸۵	۷/۶۳**	ارتفاع رسوب SDS
-۰/۰۵	۰/۰۷	-۰/۱۰	-۰/۰۲	۰/۵۳**	۰/۰۸	۰/۰۹	زمان اختلاط
-۰/۰۲	۰/۰۲	-۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/۱۲**	-۰/۰۴**	۰/۰۵**	مقاومت خمیر
-۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۵	-۰/۰۳	۰/۲۳**	-۰/۰۳	۰/۱۰	درصد پروتئین

* معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

در این مطالعه، اثرات افزایشی مثبت و معنی دار آل‌های مکان ژنی GLU-D۱، برای تمام صفات کیفی مشهود بود (جدول ۳). اثرات افزایشی آل‌ها در مکان ژنی GLU-A۱ نیز برای ارتفاع رسوب و مقاومت خمیر معنی دار بود. اثرات افزایشی آل‌ها در مکان ژنی GLU-B۱، به طور منفی بر همه صفات کیفی، جز مقاومت خمیر، اثر داشت. به استثناء α_{AB} و α_{AD} برای ارتفاع رسوب، هیچ یک از سایر اثرات متقابل اپیستازی افزایشی معنی دار نشدند، اگر چه برخی از آنها نسبتاً بالا و اکثر آنها منفی بودند. این نتایج نشان داد که می‌توان در بین نتایج حاصل از تلاقی انزا و اینیا، لاین‌های نوترکیب با خواص نانوائی بالا یافت و مورد انتخاب قرار داد. طبق نتایج حاصل، خواص کیفی لاین نوترکیب دارای ژنوتیپ ۲۲۲ (جدول ۱)، بجز برای مقاومت خمیر، برتر از لاین والدی اینیا (والد برتر تلاقی) بود. همچنین، لاین نوترکیب دارای ژنوتیپ ۱۱۱، از نظر ارتفاع رسوب و درصد پروتئین، برتر از انزا با ترکیب مشابه از نظر زیر واحدهای گلوٲنین بود.

اثرات اپیستازی بین آل‌های کنترل کننده زیر واحدهای گلوٲنین با وزن مولکولی بالا، قبلاً نیز گزارش شده است. پایین همکاران (۲۴) نشان دادند که کاهش ارتفاع رسوب در اثر حذف آل‌های مربوط به زیر واحدهای گلوٲنین، به ترکیب زیر واحدهای باقیمانده بستگی دارد. کولستر و همکاران (۱۱)، وجود اثرات اپیستازی بین زیر واحدهای ۷+۸ و ۷+۹ در

GLU-A۱، اثر بارزی بر خواص کیفی نداشت. در مکان ژنی GLU-A۱، میانگین لاین‌های واجد زیر واحد ۱، در مقایسه با لاین‌های فاقد آن برای ارتفاع رسوب و مقاومت خمیر به طور معنی داری بیشتر بود (جدول ۱). این نتایج در توافق با یافته‌های گراما و همکاران (۱۰)، لاورنس و همکاران (۱۴) و پایین و همکاران (۲۴) است. میانگین لاین‌های واجد زیر واحدهای ۷ و ۸ از والد انزا برای مقاومت خمیر و ارتفاع رسوب، بیشتر از لاین‌های دارای زیر واحدهای گلوٲنین ۱۳ و ۱۶ بود. برتری این زیر واحدها در سایر گزارشها (۵، ۶ و ۱۰) نیز به چشم می‌خورد. به نظر می‌رسد که هیچ ژنوتیپی تمام صفات مطلوب کیفی را ندارد. به هر حال، دانگ و همکاران (۷) گزارش نموده‌اند که ژنوتیپ‌های مطلوب برای زمان اختلاط و مقاومت خمیر، زیر واحدهای مشابهی را در مکانهای ژنی GLU-B۱ و GLU-D۱ دارند. طبق نتایج حاصل، انتخاب ژنوتیپ مطلوب برای مقاومت خمیر، ارتفاع رسوب و درصد پروتئین، که دارای زیر واحدهای ۱، ۷+۸ و ۱۰+۵ می‌باشد و بر مبنای امتیاز بندی پایین و همکاران (۲۴) بالاترین امتیاز کیفی یعنی ۱۰ را خواهد داشت، از نظر زمان اختلاط نیز کاهشی را نشان نمی‌دهد. از طرفی، تولید ژنوتیپی با بالاترین زمان اختلاط، منجر به کاهش سایر خصوصیات کیفی می‌شود. بنابراین، انتخاب بر مبنای زیر واحدهای گلوٲنین برای ارتفاع رسوب، که روش نسبتاً سریعی هم می‌باشد، منجر به افزایش سایر صفات کیفی نیز می‌گردد.

ارتفاع رسوب همبستگی بالایی را با خصوصیات گلوتمین مرتبط با کیفیت نشان داد. زیر واحدهای گلوتمین ۵+۱۰، در مقایسه با آلل‌های ۲+۱۲، و سایر زیر واحدهای مطالعه شده، باعث افزایش ارتفاع رسوب و قابلیت ارتجاع خمیر می‌شوند. احتمالاً این زیر واحدها به وسیله ژنهای اصلی کنترل می‌گردند، و می‌توان از آنها در برنامه‌های به نژادی سود جست. سایر زیر واحدها که از نظر ژنتیکی با آلل‌های موجود در کروموزوم‌های A۱ و B۱ کنترل می‌شوند، اثرات کمتری برخواص کیفی دارند، و می‌توان از آنها برای افزایش نسبی این صفات استفاده کرد.

مکان ژنی GLU-B۱، و زیر واحدهای ۵+۱۰ و ۲+۱۲ در مکان ژنی GLU-D۱ را برای رسوب زلنی و سایر خواص نانوائی گزارش نموده‌اند. طبق نتایج حاصل، در این بررسی نیز زیر واحدهای ۷+۸ در مکان ژنی GLU-D۱، نسبت به زیر واحدهای ۱۳+۱۶ در ترکیب با زیر واحد ۱ در مکان ژنی GLU-A۱، برای ارتفاع رسوب برتری داشتند (جدول ۱).
به طور خلاصه، نتایج این بررسی تاییدی بیشتر بر وجود رابطه مستقیم بین خواص کیفی آرد و برخی از زیر واحدهای گلوتمین با وزن مولکولی بالا بود. نتایج، حاکی از تأثیر بیشتر تنوع آلی در مکان ژنی GLU-D۱، بر ارزش نانوائی بودند.

منابع مورد استفاده

- 1- American Association of Cereal Chemists. 1983. Approved Methods. AACC Inc., St. Paul, Min. USA.
- 2- Axford, D.W.E., E. E. McDermott, and D.G. Reduman. 1978. Small Scale tests of breadmaking quality. Milling Feed Fert. 16:18-20.
- 3- Axford, D.W.E., E. E. McDermott, and D.G. Reduman. 1979. Note on the sodium dodecyl sulphate test and breadmaking quality: Comparison with Pelshenke and Zeleny tests. Cereal Chem. 56: 582-584.
- 4- Branlard, G. and M. Dardevet. 1985. Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. J. Cereal Sci. 3: 345-354.
- 5- Carrillo, J.M., M. Rousset, C.O. Qualset, and D.D. Kasarda. 1990. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high-molecular-weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. 1. Grain yield and quality prediction tests. Theor. Appl. Genet. 79: 321-330.
- 6- Dong, H., T.S. Cox, R.G. Sears, and G.L. Lookhart. 1991. High molecular weight glutenin genes: Effect on quality in wheat. Crop Sci. 31: 974-979.
- 7- Dong, H., R.G. Sears, T.S. Cox, R.C. Hoseney, G.L. Lookhart and M.D. Shogren. 1992. Relationships between protein composition and mixograph and loaf characteristics in wheat. Cereal Chem. 69 : 132-136.
- 8- Finney, K.F., and D. Shogren. 1972. Ten-gram mixograph for determining and predicting functional properties of wheat flours. Bakers Digest, 46(3): 32-42.
- 9- Fullington, J.G., E.W. Cole, and D.D Kasarda. 1983. Quantitative sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis of total proteins extracted from different wheat varieties: Effects of protein content. Cereal Chem. 50 : 35-43.
- 10- Grama, A., D.S.C. Wright, P.J. Gressey, and T. Lindley. 1987. Hexaploid wild emmer wheat derivatives grown under New Zealand conditions. 1. Relationship between protein composition and quality parameters. N.Z.J. Agric. Res. 30: 35-43.

- 11- Kolster, P., C.F. Krechting, and M.W.J. Van Gelder. 1988. Variation in high molecular weight glutenin subunits of *Triticum aestivum* and *T. turgidum* spp. *dicoccoides*. *Euphytica* supplement: 141-145.
- 12- Kolster, P., F.A. Van Eeuwijk, and M.W.J. Van Gelder. 1991. Additive and epistatic effects of allelic variation at the high molecular weight glutenin subunit loci in determining the bread-making quality of breeding lines of wheat. *Euphytica*, 55: 277-285.
- 13- Lagudah, E.S., L.O'Brien, and G. M. Halloran. 1988. Influence of gliadin composition and high molecular weight subunits of glutenin on dough properties in an F3 population of a bread wheat cross. *J. Cereal Sci.* 7: 33-42.
- 14- Lawrence, G.J., F. Mac Ritchie, and C.W. Wrigley. 1988. Dough and baking quality of wheat lines deficient in glutenin subunits controlled by the GLU-A1, GLU-B1, and GLU-D1 loci. *J. Cereal Sci.* 7: 109-112.
- 15- Lawrence, G.J., H.J. Moss, K.W. Shepherd, and C.W. Wrigley. 1987. Dough quality of biotypes of eleven Australian wheat cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. *J. Cereal Sci.* 6: 99-101.
- 16- Lorenzo, A., W.E. Kronstad, and L.C.E. Vieira. 1987. Relationship between high molecular weight glutenin subunits and loaf volume in wheat as measured by the sodium dodecyl sulfate sedimentation test. *Crop Sci.* 27: 253-257.
- 17- Manley, M., P.G. Randall, and A.E.J. McGill. 1992. The prediction of dough properties of South African wheat cultivars by SDS-PAGE analysis of HMW-glutenin subunits. *J. Cereal Sci.* 15: 39-47.
- 18- Moonen, J.H.E., A. Scheepstra, and A. Graveland. 1982. Use of the SDS-sedimentation test and SDS-polyacrylamide gel electrophoresis for screening breeder's samples of wheat for breadmaking quality. *Euphytica*, 31: 677-690.
- 19- Moonen, J.H.E., A. Scheepstra, and A. Graveland. 1983. The positive effects of the high molecular weight subunits 3+10 and 2* of glutenin on the bread-making quality of wheat cultivars. *Euphytica*, 32: 735-742.
- 20- Odenbach, W., and El-S. Mahgoub. 1988. Relationships between HMW glutenin subunit composition and the sedimentation value in reciprocal sets of inbred backcross lines derived from two winter wheat crosses. pp 987-991. In: Miller T.E., and R.M.D. Koebner (Eds), *Proc. 7th Int. Wheat Genet. Symp.*, Cambridge, England.
- 21- Payne, P.I., and K.G. Corfield. 1979. Subunit composition of wheat glutenin proteins, isolated by gel filtration in a dissociating medium. *planta*, 145: 83-88.
- 22- Payne, P.I., K.G. Corfield, and J.A. Blackman. 1979. Identification of a high molecular weight subunit of glutenin whose presence correlates with breadmaking quality in wheats of related pedigree. *Theor. Appl. Genet.* 55: 153-157.
- 23- Payne, P.I., K.G. Corfield, L. Holt, and J.A. Blackman. 1981. Correlations between the inheritance of certain high-molecular weight subunits of glutenin and breadmaking quality in progenies of six crosses of bread wheat. *J. Sci. Food Agric.* 32: 51-60.
- 24- Payne, P.I., L.M. Holt, K. Harinder, D.P. McCartney, and G.J. Lawrence. 1987. The use of near-isogenic lines with different HMW glutenin subunits in studying breadmaking quality and glutenin structure. pp

- 100-105. In: Lasztity, R.D., and F. Bekes (eds), Proc. 3rd Int. Workshop Gluten, Proteins, Budapest, Hungary. World Scientific, Singapore.
- 25- Payne, P.I., L.M. Holt, E.A. Jackson, and C.N. Law. 1984. Wheat storage proteins: Their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B.* 304: 359-371.
- 26- Payne, P.I., L. Holt, and C.N. Law. 1981. structural and genetic studies on the high molecular weight subunits of wheat glutenin. I. Allelic variation in subunits amongst varieties of wheat (*T. aestivum*). *Theor. Appl. Genet.* 60: 229-236.
- 27- Payne, P.I., and G. J. Lawrence. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, GLU-B1, and GLU-D1 which code for the high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Cummun.* 11:29-35.
- 28- Pogna, N.E., A. Mellini, A. Beretta, and A. Dal Belin Peruffo. 1989. The high-molecular-weight glutenin subunits of common wheat cultivars grown in Italy. *J. Genet. Breed.* 43: 17-24.
- 29- Rogers, W.J., P.I. Payne, J. A. Seekings, and J. Sayers. 1991. Effect on breadmaking quality of X-type and Y-type high molecular weight subunits of glutenin. *J. Cereal. Sci.* 14: 209-221.
- 30- Rousset, M., J.M. Carrillo, C.O. Qualset, and D.D. Kasarda. 1992. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high-molecular-weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. 2. Milling and bread-baking quality. *Theor. Appl. Genet.* 83: 403-412.
- 31- Van Gelder, W.M.J., P. Kolster, J. Mesdag, and F.A. Van Eeuwijk. 1987. The relationship between high-molecular-weight glutenin sub- units, bread-making quality and yield of winter wheat. pp. 159-172. In: Biorghi, B. (ed), *Agriculture. Hard wheat agronomic, technological, biochemical and genetic aspects.* Commission of the European Communities, Luxembourg.