مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۳۹، شماره ۱، ۱۳۸۷ (۵۲-۴۳)

تعیین رابطه زیرواحد های گلوتنین با وزن مولکولی بالا و کیفیت نانوایی در گندم نان

فواد فاتحی*[۱] ، محمودملکی [۲]، افشین صلواتی[۳]، محمد رضا بی همتا[۴]، عباسعلی زالی[۵] و عبدالهادی حسین زاده[۶]
۱ ،۲، ۳، ۴، ۵، ۶، دانشجویان کارشناسی ارشد، استادان و دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۴/۱۰/۲۵- تاریخ تصویب: ۸۵/۷/۱۹)

چکیده

بطور کلی زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا نقش کلیدی را در شکل و ساختار گلوتن بازی می کنند و ارتباط تنگاتنگی با کیفیت گندم دارند. تنوع در الگوهای باندی زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا، جهت بررسی کیفیت نانوایی ۸۰ رقم و لاین سنتتیک توسط الکتروفورز ژل پلی اکریل آمید سدیم دودسیل سولفات ۱۰٪ بررسی شد.۲۶ ترکیب زیرواحدی شامل ۱۵ آلل مختلف در بین این ارقام شناسایی شدند، که بیشترین فراوانی در مکان Glu-A1 مربوط به زیر واحد *۲(۴۱/۲۵٪) و در مکان Glu-B1 مربوط به زیر واحد ۸+۷ (۴۵٪)و در مکان Glu-D1 مربوط به زیر واحد ۱۰+۵ (۴۸/۷۵٪) بود، همچنین زیر واحد ۱۲+*۲ که برای اولین بار از پاکستان گزارش شد، در ۷ لاین سنتتیک مشاهده شد. آزمون ارتفاع رسوب، جهت بررسی اثرمکان ژنی Glu1 روی کیفیت نانوایی انجام گرفت، نتایج نشان داد که آلل های *۲، ۱۰+۵ و ۱۸+۱۷ به ترتیب با فراوانی های ۴۱/۲۵ ، ۴۸/۷۵ و ۱۸/۷۵ درصد بیشترین تاثیر مثبت و آلل نول با فراوانی ۴۳/۷۵ درصد بیشترین تاثیر منفی را روی ارتفاع رسوب داشته وهمبستگی معنی داری با ارتفاع رسوب داشتند. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که زیرواحد های ۱۰+۵ ، ۱۸+۱۷ و ۸+۷، به ترتیب وارد مدل شده و در مجموع، ۳۱/۴٪ تغییرات در ارتفاع رسوب را توجیه می کنند.**

واژه های کلیدی: زیر واحدهای گلوتنین دارای وزن مولکولی بالا، گندم نان، آزمون ارتفاع رسوب، کیفیت نانوایی

مقدمه

در حال حاضر ژنتیک و بیوشیمی زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در گندم نان توسط مطالعات متعددی شناخته شده است(۲۴، ۳۳) . علاوه بر این، مطالعات مختلفی همبستگی بین زیر واحدهای معینی از گلوتنین با وزن مولکولی بالا و کیفیت پخت نان را مشخص کرده اند (۳۲). پروتئینهای ذخیره ای اصلی آندوسپرم، با عنوان پرولامین ها شناخته می شوند که شامل دو دسته پروتئینی گلوتنین و گلیادین هستند. گلیادین ها، پروتئین های مونومری کوچکی هستند که شامل زیر گروه های آلفا، بتا، گاما و امگا می باشند. این پروتئین ها ۵۰٪ پرولامینها را تشکیل می دهند(۲۱). گلوتنین ها از زیر واحدهای با وزن مولکولی بالا و پایین تشکیل یافته اند. اگر چه زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا تنها ۱۰٪ پروتئینهای ذخیره ای کل را در مقایسه با زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی پایین(۴۰٪) تشکیل می دهند(۲۱)، با این حال،

* نویسنده مسئول: فواد فاتحی تلفن: ۰۹۱۸-۸۷۲۴۷۵۸ E-mail: fatehi.foad@gmail.com

این زیر واحدها تاثیر بیشتری روی کیفیت نانوایی می‌گذارند.

زیرواحدهای پروتئینی با وزن مولکولی بالا، توسط مکان ژنیGlu1 واقع بر روی بازوی بلند کروموزومهای گروه ۱، کد می شوند که هر مکان شامل دو ژن کد کننده برای تیپ زیر واحدی نوع X و تیپ زیر واحدی نوع Y می باشد (۳۳)، بدلیل اینکه این دو زیر واحد (X و Y) ممکن است که در مکان ژنیGlu1 تظاهر نیابند(برای مثال، در مکان Glu-A1 ممکن است تیپ Y و یا هر دو تیپ X و Y بیان نشوند)، لذا در واریته های گندم ۳ تا ۵ زیر واحد مشاهده می گردد.

بر اساس مطالعات پاین و همکاران (۱۹۷۹ و ۱۹۸۱)، اکثر محققین روی همبستگی بین حضور یا عدم حضور آللهای زیر واحدی و کیفیت گندم بویژه کیفیت نانوایی تمرکز کرده اند. در حال حاضر ترکیبهای زیر واحدی گلوتنین با وزن مولکولی بالا در واریته های گندم نان بسیاری از کشورها انتشار یافته است، و تجزیه این داده ها در افزایش دانش ما نسبت به توزیع جهانی آللهای Glu-1 سهم به سزایی داشته است.

اخیراً نشان داده شده است که حجم نان بستگی به ترکیب پروتئینها دارد، گلوتنین و گلیادین با هم ۸۰٪ پروتئین کل آرد گندم را تشکیل می دهند(۱، ۸، ۲۸ و ۳۴). تاثیر گلیادین و گلوتنین بر روی خصوصیات خمیر از مدتها پیش شناخته شده است و پیشنهاد شده است که گلیادین ها در ویسکوزیته خمیر و گلوتنین در خاصیت الاستیسیته خمیر نقش دارند(۱۰). پاین و همکاران (۱۹۸۴) نیز بیان داشتند که زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا برای الاستیسیته گلوتن و کیفیت پخت نان و کیفیت پخت ماکارونی آرد گندم ضروری هستند. همچنین ثابت شده است که عوامل اصلی تاثیر گذار روی کیفیت نان شامل زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا (۲۳)، نسبت گلوتنین به گلیادین(۲، ۶، ۱۲، ۲۶)، توزیع وزن مولکولی(۶، ۱۲) و محتوای پروتئینی کل می باشد.

ژنهای کد کننده زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا تنوع آللی بزرگی را نشان می دهند(۲۰). روابط بین تنوع مولکولی پلی پپتیدهای با وزن مولکولی بالا توسط آللهای مختلفی کنترل می شوند و پارامترهای کیفیت توسط مطالعات زیادی مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته اند (۱۱، ۱۴، ۲۴، ۲۵). برای مثال، پاین و همکاران (۱۹۸۷) دریافتند که وجود زیر واحدهای ۱ یا *۲ (در مقابل زیر واحد نول) در مکانGlu-A1، باعث حجم رسوب SDS بالاتری می شود. در مقابل، گریبوش و همکاران (۱۹۹۴) و روگرز و همکاران (۱۹۹۹) هیچ رابطه ای بین زیر واحدهای ۱ و*۲ و ارزش کیفی پیدا نکردند. این نتایج اهمیت زمینه ژنتیکی و بسیاری از واکنشهای ممکن بین زیر واحدهای مختلف و سایر اجزای گلوتن به همراه اثرات محیطی را نشان می دهند. پاین و همکاران (۱۹۸۱) و گوپتا و همکاران (۱۹۹۳)، در مطالعاتی که جهت مقایسه اثر زیر واحدهای ۲+۱۲ و ۵+۱۰ (که توسط مکان Glu-D1 کد می شوند) انجام دادند، اثر مثبت زیر واحد ۵+۱۰ را گزارش کردند. همچنین پرون و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که وجود زیر واحد۷+۸ در مقایسه با زیر واحد ۷+۹ که توسط مکان ژنی Glu-B1 کد می شوند، با قدرت خمیر بالاتری ارتباط دارد.

صادق زاده و همکاران (۱۳۸۱) ، با بررسی تعیین رابطه زیر واحد های گلوتنین با وزن مولکولی زیاد با کیفیت نانوایی از طریق الکتروفورز مشاهده کردند که همبستگی مثبت و معنی داری بین آللهای *۲و ۵+۱۰ و همبستگی منفی و معنی داری بین آلل های نول و ۲+۱۲ با ارتفاع رسوب وجود دارد. همچنین با انجام تجزیه رگرسیون گام به گام معلوم شد که به ترتیب زیر واحد های ۵+۱۰ ، ۷+۸ و ۱۷+۱۸ وارد مدل شده و در مجموع ۳۹ درصد تغییرات در ارتفاع رسوب را توجیه می کنند.

نجفیان و همکاران (۱۳۷۶) با مطالعه تاثیر تنوع آللی زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی زیاد در ارزش نانوایی لاین های به نژادی گندم نان مشاهده کردند که آلل ۱۷+۱۸ همبستگی مثبت و معنی داری و آلل ۷+۹ همبستگی منفی و معنی داری با آزمون ارتفاع رسوب دارد .

نجفیان و عبد میشانی (۱۳۷۴) با مطالعه رابطه بین گلوتنین های دارای وزن مولکولی زیاد با کیفیت نانوایی گندم های کشت شده در ایران مشاهده کردند که در مکان ژنی Glu-A1 زیر واحد های ۱ و *۲ و در مکان ژنی-Glu

D1 زیر واحد ۱۰+۵ دارای ارزش بیشتری از لحاظ کیفیت نانوایی نسبت به سایر زیر واحد های موجود در این مکان های ژنی بودند.

هدف از این مطالعه شناسایی ترکیبهای آللی در هر سه مکان ژنی کنترل کننده زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا و همچنین مطالعه تاثیر این ترکیبات آللی روی کیفیت نانوایی از طریق آزمون ارتفاع رسوب SDS می‌باشد. نتایج با هدف شناسایی ترکیبهای زیر واحدی گلوتنین با وزن مولکولی بالا در لاینهای سنتتیک ناشناخته و یک سری ارقام اصلاح شده بومی ارائه می شوند.

مواد و روش‌ها

۴۰ لاین سنتتیک ارسالی از مکزیک و ۴۰ رقم اصلاح شده بومی ایران برای این تحقیق در نظر گرفته شدند (جدول ۱). پروتئین ذخیره ای اندوسپرم این لاینها و ارقام بوسیله الکتروفورز ژل اکریل آمید سدیم دودسیل سولفات۱۰٪ و با توجه به روش پاین و همکاران (۱۹۸۱) در آزمایشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران بررسی شدند.

آرد حاصل از نصف بذر بدون جنین را در۵۰۰ میکرولیتر از بافر استخراج (حاوی بافر تریس[1]- HCL ۰/۱۲۵ مولار(PH=8.6)، سدیم دودسیل سولفات[2] ۲ درصد، گلیسرول[3] ۱۰ درصد و ۲-مرکاپتواتانول[4] ۵ درصد) مخلوط شد. تیوبهای حاوی نمونه ها، ۸ بار به فاصله هر ۱۵ دقیقه یک بار و هر بار به مدت ۲ دقیقه، ورتکس گردید، سپس حداقل به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند، و پس از آن، ۱۰ دقیقه با ۶۵۰۰ دور در دقیقه، سانتریفوژشدند، سپس از قسمت مایع بالایی مقدار ۱۵ میکرولیتر برداشته و به داخل چاهکها لود گردید. عمل الکتروفورز بوسیله دستگاه الکتروفورز عمودی ژل آکریل آمید و با شدت جریان ثابت ۲۵ میلی آمپر به مدت ۷/۵ ساعت انجام گردید. شناسایی و نامگذاری زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا، بر طبق روش پاین و لارنس(۱۹۸۳) و با استفاده از ارقام شاهد چاینیزاسپرینگ (حاوی بندهای ۷+۸و ۲+۱۲)، هیرمند (*۲، ۱۸+۱۷ و ۲+۱۲) و فلات(۱، ۹+۷ و ۱۰+۵) انجام گردید.

نمره کیفی کل بر طبق روش پاین وهمکاران(۱۹۸۷) از طریق جمع نمره های تک تک باندها محاسبه گردید. برای جداسازی زیر واحدهای *۲ و ۲ در ارقام و لاینهای حاوی زیرواحد ۲+۱۲ از روش SDS-PAGE ۷/۵٪ استفاده گردید.

آزمون ارتفاع رسوب SDS با توجه به روش کوئیک و دانلی (۱۹۸۰) انجام گردید. ابتدا از هر لاین یا رقم مورد نظر مقدار ۶ گرم آرد توسط آسیاب UDY تهیه گردید، سپس بهمراه ۵۰ میلی لیتر آب مقطر به درون یک استوانه مدرج ۱۰۰ میلی لیتری اضافه شد و به مدت ۱۵ ثانیه به شدت تکان داده شد، سپس ۵۰ میلی لیتر از محلول SDS ۲٪ که به آن به ازای هر ۵۰ میلی لیتر ۱ میلی لیتر از محلول اسید لاکتیک[5] ۸۵٪ و آب مقطر (به نسبت ۱ به ۸) اضافه شده بود، به استوانه اضافه گردید و چهار مرتبه با سر و ته کردن استوانه محتوای آن کاملاً مخلوط گردید، که این کار در مدت ۶ دقیقه ۳ بار به فاصله هر ۲ دقیقه ۱ بار تکرار گردید که پس از آخرین سر و ته کردن، استوانه در یک سطح صاف قرار داده شد و بعد از ۱۰ دقیقه ارتفاع رسوب تشکیل شده، یادداشت گردید.

تجزیه واریانس آلل های مکان ژنی Glu-1، با استفاده از طرح فاکتوریل (فاکتور هاGlu-A, Glu-B1 و Glu-D1 و سطوح آن ها آلل های موجود در هر مکان ژنی می باشد.) در قالب طرح کاملا تصادفی نامتعادل انجام گردید. همچنین برای انجام آزمون مقایسات میانگین الل های مختلف مکان ژنی Glu-1 از آزمون دانکن استفاده گردید. برای بررسی همبستگی ساده بین آلل های مکان ژنی Glu-1و صفت ارتفاع رسوب از ضریب همبستگی پیرسون[6] و برای بررسی همبستگی بین آلل های مکان ژنی Glu-1، از ضریب همبستگی اسپیرمن[7] استفاده گردید. برای

1. Tris
2. Sodium dodcyl sulfate
3. Glycerol
4. Mercaptoethanol

5. Lactic acid
6. Pearson
7. Spearman

محاسبه تجزیه رگرسیون گام به گام، صفت ارتفاع رسوب به عنوان متغییر وابسته و الل های مکان ژنی Glu-1 به عنوان متغییر مستقل در نظر گرفته شدند. به منظور انجام تجزیه واریانس و رگرسیون گام به گام به ترتیب از نرم افزارهای SAS و SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا حرکت الکتروفورزی آهسته تری نسبت به گلیادین یا زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی پایین دارند، بنابراین می توانند به وضوح شناسایی شوند.با توجه به اهمیت گلوتنین ها الگوی باندی این زیر واحد ها در ژل اکریل آمید ۱۰٪ تعیین شد. جدول۲، آللهای مکانهای ژنی Glu-A1، Glu-B1 و Glu-D1 را نشان می دهد. برای لاینهای سنتتیک و ارقام گندم اصلاح شده ایرانی ۱۵ آلل مختلف شناسایی شدند که سه آلل مربوط به مکان Glu-A1 و ۸ آلل مربوط به مکان ژنی Glu-B1 و ۴ آلل مربوط به مکان Glu-D1 می باشد (جدول ۲ و شکل ۱). هر الگو شامل سه الی پنج باند از زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا، می باشد. گزارش شده است که ترکیب زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا سیستم مفیدی برای شناسایی واریته های گندم می‌باشند(۲۲). لاینهای سنتتیک و ارقام مورد مطالعه بر اساس این پارامتر، به ۲۶ گروه تقسیم شدند.

آلل نول مکان، Glu-A1 در ۴۳/۷۵٪ از لاینها و ارقام مورد مطالعه مشاهده شد، در صورتیکه در بین ۱۳۸۰ واریته جمع آوری شده از سراسر جهان ، ۳۶٪ از این آلل در مکان ژنی Glu-A1 گزارش شده است(۱۵). فراوانی آلل *۲ نیز تقریبا، مشابه آلل نول بود(جدول۲).

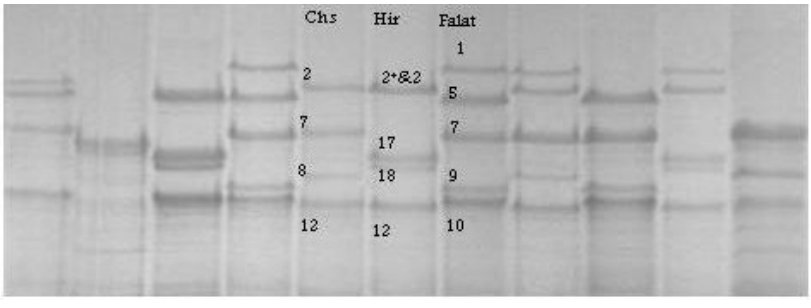
در مکان Glu-B1، زیر واحدهای ۸+۶، ۷، ۸+۷، ۹+۷، ۱۶+۱۳، ۱۹+۱۳، ۱۵+۱۴و ۱۸+۱۷ یافت شدند. زیر واحد ۸+۷ در ۴۵٪ از لاینها و ارقام مورد مطالعه، مشاهده شد، در صورتیکه در بین ۱۳۸۰ واریته جمع آوری شده از سراسر جهان ، ۲۵٪ از این آلل در مکان ژنی Glu-B1 گزارش شده است (۱۵).

فراوانی زیر واحدهای ۱۰+۵ و ۱۲+۲ که توسط مکان Glu-D1 کد می شوند، به ترتیب در ۴۸/۷۵٪ و ۴۱/۲۵٪ لاینها و ارقام مورد مطالعه مشاهده گردید، در صورتیکه در بین ۱۳۸۰ واریته جمع آوری شده از سراسر جهان ، به ترتیب ۴۱٪ و ۳۵٪ درصد از این آلل ها در مکان ژنی Glu-D1گزارش شده است (۱۵).

زیر واحد ۱۲+***۲ که توسط مکان Glu-D1 کد می شود، به عنوان یک آلل جدید با فراوانی خیلی پایین در بین نژادهای بومی گندم نان پاکستان گزارش شده است(۳۵)، این زیر واحد در ۷ لاین (۸/۷۵٪) مشاهده شد.

بحرایی و همکاران(۱۹۹۹) نیز، فراوانی بالای این زیر واحد را در ارقام بومی ایرانی موجود در ناحیه سیستان و بلوچستان ایران گزارش کردند.

جدول ۲ نشان می دهد که فراوانی اکثر گروه های زیر واحدی نسبتا" بالا می باشد و اللهای نول، *۲، ۸+۷، ۱۰+۵، ۱۲+۲ حداقل در ۴۱/۲۵٪ لاینها و ارقام مورد مطالعه یافت شدند.



شکل۱- جداسازی زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا با روش SDS-PAGE در بعضی گندمهای مورد بررسی

جدول ۱- لاین های مصنوعی و ارقام مورد مطالعه

اسامی ژنوتیپ ها	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	نمره	اسامی ژنوتیپ ها	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	نمره
لاین مصنوعی ۱	۲*	۱۷+۱۸	۵+۱۰	۱۰	بولانی	Null	۷+۸	۲^{xxx}+۱۲	nd
لاین مصنوعی ۲	۲*	۱۷+۱۸	۵+۱۰	۱۰	چمران	۲*	۷+۸	۵+۱۰	۱۰
لاین مصنوعی ۳	Null	۱۷+۱۸	۵+۱۰	۸	گاسپارد	Null	۶+۸	۵+۱۰	۶
لاین مصنوعی ۴	۲*	۷+۹	۵+۱۰	۹	فرونتانا	Null	۷+۸	۲+۱۲	۶
لاین مصنوعی ۵	Null	۷+۸	۲^{xxx}+۱۲	nd	فلات	۱	۷+۹	۵+۱۰	۹
لاین مصنوعی ۶	۲*	۷+۸	۲^{xxx}+۱۲	nd	سرداری	۲*	۷+۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۷	Null	۷+۹	۲+۱۲	۵	آزادی	۲*	۷+۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۸	۲*	۷+۸	۲+۱۲	۸	قفقاز	Null	۷+۹	۵+۱۰	۷
لاین مصنوعی ۹	Null	۷+۹	۵+۱۰	۷	الموت	Null	۷+۹	۲+۱۲	۵
لاین مصنوعی ۱۰	۲*	۷+۸	۵+۱۰	۱۰	مهدوی	۲*	۷+۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۱۱	Null	۷+۸	۲+۱۲	۶	الوند	۱	۷+۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۱۲	Null	۷+۸	۲^{xxx}+۱۲	nd	رسول	Null	۷+۹	۵+۱۰	۷
لاین مصنوعی ۱۳	Null	۷+۸	۵+۱۰	۸	قدس	۲*	۷+۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۱۴	۲*	۷+۸	۵+۱۰	۱۰	زاگرس	۲*	۱۷+۱۸	۵+۱۰	۱۰
لاین مصنوعی ۱۵	Null	۷+۹	۵+۱۰	۷	بیستون	Null	۷+۸	۲+۱۲	۶
لاین مصنوعی ۱۶	۲*	۱۳+۱۶	۵+۱۰	۱۰	کاوه	۲*	۱۷+۱۸	۵+۱۰	۱۰
لاین مصنوعی ۱۷	Null	۷+۸	۲^{xxx}+۱۲	nd	البرز	۲*	۱۷+۱۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۱۸	۲*	۷+۸	۵+۱۰	۱۰	ناز	۱	۱۳+۱۶	۵+۱۰	۱۰
لاین مصنوعی ۱۹	Null	۷+۸	۲^{xxx}+۱۲	nd	بیات	۲*	۱۷+۱۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۲۰	Null	۷+۹	۵+۱۰	۷	مغان	۲*	۷+۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۲۱	Null	۷+۹	۵+۱۰	۷	کرج ۲	Null	۷+۸	۵+۱۰	۸
لاین مصنوعی ۲۲	۱	۷+۸	۲+۱۲	۸	کرج ۱	Null	۷+۹	۵+۱۰	۷
لاین مصنوعی ۲۳	۲*	۱۳+۱۶	۵+۱۰	۱۰	خزر ۱	۲*	۱۳+۱۶	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۲۴	۲*	۱۳+۱۶	۵+۱۰	۱۰	بزوستایا	۲*	۷+۹	۵+۱۰	۹
لاین مصنوعی ۲۵	۲*	۷+۸	۵+۱۰	۱۰	روشن	Null	۷+۸	۲+۱۲	۶
لاین مصنوعی ۲۶	Null	۷+۹	۵+۱۰	۷	شعله	۲*	۱۷+۱۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۲۷	۱	۶+۸	۲+۱۲	۶	امید	Null	۷+۸	۲+۱۲	۶
لاین مصنوعی ۲۸	۱	۱۷+۱۸	۲+۱۲	۸	هیرمند	۲*	۱۷+۱۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۲۹	Null	۷+۸	۲^{xxx}+۱۲	nd	اترک	۲*	۷+۹	۵+۱۰	۹
لاین مصنوعی ۳۰	۲*	۱۳+۱۶	۲+۱۲	۸	نوید	۲*	۷	۵+۱۰	۸
لاین مصنوعی۳۱	Null	۷+۹	۵+۱۰	۷	اینیا	۱	۷+۸	۵+۱۰	۱۰
لاین مصنوعی ۳۲	۲*	۱۳+۱۶	۵+۱۰	۱۰	خلیج	Null	۷+۸	۵+۱۰	۸
لاین مصنوعی ۳۳	۱	۷+۸	۲+۱۲	۸	گلستان	Null	۱۷+۱۸	۵+۱۰	۸
لاین مصنوعی ۳۴	۲*	۷	۵+۱۰	۸	داراب	۲*	۱۷+۱۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۳۵	۱	۷+۹	۵+۱۰	۹	رشید	Null	۷+۸	۵+۱۰	۸
لاین مصنوعی ۳۶	۱	۷+۸	۲+۱۲	۸	زرین	۱	۱۷+۱۸	۲+۱۲	۸
لاین مصنوعی ۳۷	۱	۱۷+۱۸	۲+۱۲	۸	شاهپسند	Null	۷+۸	۲+۱۲	۶
لاین مصنوعی ۳۸	Null	۷+۸	۱۲	nd	طبسی	Null	۷+۸	۲+۱۲	۶
لاین مصنوعی ۳۹	Null	۱۷+۱۸	۲+۱۲	۶	عدل جدید	Null	۱۳+۱۹	۲+۱۲	nd
لاین مصنوعی ۴۰	۲*	۷+۸	۲+۱۲	۸	سبلان	Null	۱۴+۱۵	۵+۱۰	۷

جدول۲- انواع زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا به همراه فراوانی آنها

	Glu-D1			Glu-B1								Glu-Al		مکان‌یابی ژنی
	۱۲	۲+۱۲	۲^{xxx}+۱۲	۵+۱۰	۶+۸	۷	۷+۸	۷+۹	۱۳+۱۶	۱۳+۱۹	۱۴+۱۵	۱۷+۱۸	۲^{x}	۱	Null	نوع باند
	۱	۳۳	۷	۳۹	۲	۲	۳۶	۱۶	۷	۱	۱	۱۵	۳۳	۱۲	۳۵	فراوانی
	۱/۲۵	۴۱/۲۵	۸/۷۵	۴۸/۷۵	۲/۵	۲/۵	۴۵	۲۰	۸/۷۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱۸/۷۵	۴۱/۲۵	۱۵	۴۳/۷۵	فراوانی نسبی(٪)

جدول۳- ترکیب های مختلف و نمره کیفی زیرواحد های گلوتنین با وزن مولکولی بالا در لاین ها و ارقام مورد مطالعه

ترکیب زیرواحدی	درصد فراوانی	تعداد واریته ها	نمره کیفی Glu-1
۱۰+۵، ۱۷+۱۸، *۲	۵	۴	۱۰
۱۰+۵، ۱۷+۱۸، Null	۲/۵	۲	۸
۱۰+۵، ۷+۹، *۲	۳/۷۵	۳	۹
۱۲+۲^{xxx}، ۸+۷، Null	۷/۵	۶	nd
۱۲+۲^{xxx}، ۸+۷، *۲	۱/۲۵	۱	nd
۱۲+۲، ۹+۷، Null	۲/۵	۲	۵
۱۲+۲، ۸+۷، *۲	۸/۷۵	۷	۸
۱۰+۵، ۹+۷، Null	۱۲/۵	۹	۷
۱۰+۵، ۸+۷، *۲	۶/۲۵	۵	۱۰
۱۲+۲، ۸+۷، Null	۸/۷۵	۷	۶
۱۰+۵، ۸+۷، Null	۵	۴	۸
۱۰+۵، ۱۶+۱۳، *۲	۵	۴	۱۰
۱۲+۲، ۸+۷، ۱	۵	۴	۸
۱۲+۲، ۸+۶، ۱	۱/۲۵	۱	۶
۱۲+۲، ۱۸+۱۷، ۱	۳/۷۵	۳	۸
۱۲+۲، ۱۶+۱۳، *۲	۲/۵	۲	۸
۱۰+۵، ۸+۶، Null	۱/۲۵	۱	۶
۱۰+۵، ۹+۷، ۱	۲/۵	۲	۹
۱۰+۵، ۷، *۲	۲/۵	۲	۸
۱۲، ۸+۷، Null	۱/۲۵	۱	nd
۱۲+۲، ۱۸+۱۷، Null	۱/۲۵	۱	۶
۱۰+۵، ۱۵+۱۴، Null	۱/۲۵	۱	۷
۱۲+۲، ۱۸+۱۷، *۲	۶/۲۵	۵	۸
۱۰+۵، ۱۶+۱۳، ۱	۱/۲۵	۱	۱۰
۱۰+۵، ۸+۷، ۱	۱/۲۵	۱	۱۰
۱۲+۲، ۱۹+۱۳، Null	۱/۲۵	۱	nd

nd نشان می دهد که نمره کیفی رقم یا لاین مورد نظر مشخص نیست

نمرات کیفی مکان Glu-1 نسبتاً بالا می باشد و نمره‌های کیفی این مکان ژنی در لاینها و ارقام مورد مطالعه بین ۵ تا ۱۰ قرار دارند(جدول۳).

در این تحقیق مشخص شد که درون ارقام و لاینهای سنتتیک مورد مطالعه، ۲۶ ترکیب زیر واحدی گلوتنین با وزن مولکولی بالا در بین ۸۰ رقم و لاین وجود دارد (جدول۳) که این تنوع فوق العاده بالایی بین این ارقام و لاینها را نشان می دهد. این تنوع آللی گسترده در مکان Glu-1، یافته با ارزشی در تحقیقات مربوط به پروتئین‌های ذخیره ای بذر گندم می باشد.

در مطالعات مختلف تاثیر مثبت زیر واحدهای ۷+۸ و ۵+۱۰ روی کیفیت نانوایی مشخص شده است(۷، ۲۰، ۲۷). فراوانی این دو زیر واحد در لاینها و ارقام مورد مطالعه نسبت به سایر آللها بیشتر بود که این نشان دهنده کیفیت بالای ارقام و لاینهای مورد مطالعه می باشد.

رایج ترین ترکیب زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا،ترکیبهای ۱۰+۵، ۹+۷، Null; ۱۲+۲، ۸+۷، *۲ و ۱۲+۲، ۸+۷، Null می باشند که به ترتیب در ۱۰، ۷ و ۷ لاین ورقم مورد مطالعه مشاهده شدند، همچنین ترکیبهای ۱۰+۵، ۸+۷، ×۲; ۱۰+۵، ۱۸+۱۷، ×۲; ۱۰+۵، ۱۶+۱۳، ×۲ و ۱۰+۵، ۱۶+۱۳، ۱ که نمره کیفی ۱۰ را دریافت کرده اند به ترتیب در ۵، ۳، ۴ و۱ رقم مشاهده شدند.

نتایج تجزیه واریانس مکان ژنی Glu-1 برای ارتفاع رسوب (جدول۴) نشان داد که مکان های ژنی Glu-B1 وGlu-D1 اثر معنی داری روی ارتفاع رسوب داشتند. در حالیکه مکان ژنیGlu-A1 اثر معنی داری روی ارتفاع رسوب نداشتند.

مقایسه میانگین آلل های مکان های ژنی Glu-A1 ، Glu-B1 و Glu-D1 (جدول۵) نشان داد که در مکان ژنی Glu-A1 آلل *۲ دارای بالاترین میانگین بود و تفاوت معنی داری با آلل های ۱ و Null داشت. در حالیکه تفاوت معنی داری بین آلل های ۱ و Null مشاهده نشد. در مکان ژننی Glu-B1 آلل ۱۸+۱۷، ۱۶+۱۳ و ۸+۷ دارای بالاترین میانگین بودند. در مکان ژنی Glu-D1 آلل ۱۰+۵ و ۱۲+۲ دارای بالاترین میانگین بودند .

جدول۴- تجزیه واریانس مکان ژنی Glu-1 برای ارتفاع رسوب

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
Glu-A1	۲	۳۴/۱۹۷	۱/۷۴
Glu-B1	۷	۹۲/۱۵۴	۴/۶۸ **
Glu-D1	۳	۱۸۳/۹۰	۹/۳۳ **
Glu-A1* Glu-B1	۶	۱۵/۴	۰/۷۸
Glu-A1* Glu-D1	۳	۳/۴۵۶	۰/۱۸
Glu-B1* Glu-D1	۳	۴/۹۸۸	۰/۲۵
Glu-A1* Glu-B1* Glu-D1	۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰
خطای آزمایشی	۵۴	۱۹/۷۰۹	

** نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول۵- مقایسه میانگین اللهای مکان ژنی Glu-1 با استفاده از آزمون دانکن

مکانهای ژنی	الل های مکانهای ژنی	میانگین الل ها	گروه
Glu-A1	۲*	۴۳/۹۷۱	A
	۱	۴۰/۶۶۷	B
	Null	۳۸/۲۳۵	B
Glu-B1	۱۷+۱۸	۴۵/۷۳۳	A
	۱۳+۱۶	۴۲/۸۵۷	AB
	۷+۸	۴۱/۱۳۹	AB
	۷	۳۹/۵	AB
	۱۴+۱۵	۳۹	AB
	۷+۹	۳۷/۵	B
	۶+۸	۳۷	B
	۱۳+۱۹	۲۴	C
Glu-D1	۵+۱۰	۴۴/۰۲۵	A
	۲+۱۲	۳۸/۲۷۳	AB
	۲xxx+۱۲	۳۷/۱۶۷	AB
	۱۲	۳۶	B

نتایج نشان داد که آلل های *۲، ۵+۱۰ و ۱۷+۱۸ به ترتیب با فراوانی های ۴۱/۲۵ ، ۴۸/۷۵ و ۱۸/۷۵ درصد بیشترین تاثیر مثبت و آلل نول با فراوانی ۴۳/۷۵ درصد بیشترین تاثیر منفی را روی ارتفاع رسوب داشته وهمبستگی معنی داری با ارتفاع رسوب داشتند.

نتایج همبستگی ساده زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا با ارتفاع رسوب(جدول۶) نشان داد که آلل های *۲، ۵+۱۰ و ۱۷+۱۸ همبستگی مثبت و معنی داری با صفت ارتفاع رسوب نشان دادند، همچنین آلل های نول ، ۷+۹ و ۲+۱۲ همبستگی منفی و معنی داری را با صفت ارتفاع رسوب نشان دادند، که این نتیجه با نتایج صادق زاده و همکاران (۱۳۸۰) و نجفیان و همکاران (۱۳۷۵) مطابقت دارد.

با توجه به نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام(جدول۷) مشاهده شد که در اولین گام زیر واحد ۵+۱۰ وارد مدل شد که به تنهایی۱۵/۴٪ از تغییرات ارتفاع رسوب را توجیه می کند و در گام دوم زیرواحد ۱۷+۱۸ وارد مدل گردید که ۵/۸٪ تغییرات در ارتفاع رسوب را توجیه می کند. در گام سوم زیر واحد ۷+۸ وارد مدل شد که ۵٪ تغییرات در ارتفاع رسوب راتوجیه می کند و در گام آخر زیر واحد نول از مکان Glu-A1 وارد مدل گردید.

بطور کلی باندهای *۲ از مکان Glu-A1 ، ۵+۱۰ از مکان Glu-D1 و ۱۷+۱۸ از مکان Glu-B1 روی ارتفاع رسوب بیشترین تاثیر را داشته و بر اساس تجزیه رگرسیونی انجام گرفته، تنها ۳۱/۲٪ تغییرات توسط مدل ارائه شده توجیه می گردد و این نتیجه با بخشی از نتایج صادق زاده و همکاران (۱۳۸۰) مطابقت دارد، که این نشان می دهد کیفیت نانوایی علاوه بر زیرواحد های گلوتنین با وزن مولکولی بالا، تحت تاثیر زیرواحد های گلوتنین با وزن مولکولی پایین، نسبت گلوتنین به گلیادین (۲، ۶، ۱۲، ۲۶)، توزیع وزن مولکولی(۶، ۱۲) و محتوای پروتئینی کل می‌باشد (۱۳). این نتایج اهمیت زمینه ژنتیکی و بسیاری از واکنشهای ممکن بین زیر واحدهای مختلف و سایر اجزای گلوتن به همراه اثرات محیطی را نشان می دهند.

در پایان لازم به ذکر است که در حال حاضر با توجه به اثر مثبت آلل 5x از زیرواحد ۵+۱۰ روی کیفیت نانوایی، برخی از محققین ژن کد کننده این آلل را جداسازی کرده و به گندم هگزاپلوئید مورد نظر منتقل کرده اند تا تاثیر این آلل را روی کیفیت نانوایی گیاه تراریخت بررسی کنند (۵) و این می تواند به عنوان یک زمینه مطالعاتی مفید، مورد توجه محققین قرار گیرد.

جدول۶- ضرایب همبستگی ساده زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا با ارتفاع رسوب

	۱	۲*	۶+۸	۷	۷+۸	۷+۹	۱۳+۱۳	۱۵+۱۴	۱۷+۱۸	۱۳+۱۹	۲+۱۲	۲xxx+۱۲	۱۵+۱۰	۱۲	ارتفاع رسوب
نول	-۰/۲۶۱xx	-۰/۷۳۹xx	۰/۰۲۴	-۰/۱۳۸	۰/۰۸۶	۰/۲۶۶x	-۰/۲۰۲	۰/۱۳۱	-۰/۲۱۹	۰/۱۳۱	-۰/۱۷۶	۰/۲۳۵x	۰/۰۲۱	۰/۱۳۱	-۰/۳۸۷xx
۱		-۰/۳۶۱xx	۰/۱۵۷	-۰/۰۶۷	-۰/۰۲۸	-۰/۰۳۵	-۰/۰۲۳	-۰/۰۴۷	۰/۰۶۷	-۰/۰۴۷	۰/۲۰۵	-۰/۱۲۰	-۰/۱۳۰	-۰/۰۴۷	-۰/۰۱۵
۲x			۰/۱۲۸	۰/۱۸۶	-۰/۰۶۶	۰/۲۴۰x	۰/۲۱۹	-۰/۰۹۷	۰/۱۷۰	-۰/۰۹۷	۰/۰۲۸	-۰/۱۴۹	۰/۰۷۲	-۰/۰۹۷	۰/۲۹۸xx
۶+۸				-۰/۰۲۶	-۰/۱۴۵	-۰/۰۸۰	-۰/۰۵۳	-۰/۰۱۸	-۰/۰۷۷	-۰/۰۱۸	۰/۰۲۴	-۰/۰۴۶	۰/۰۰۴	-۰/۰۱۸	-۰/۰۸۲
۷					-۰/۰۱۴۵	-۰/۰۸۰	-۰/۰۵۳	-۰/۰۱۸	-۰/۰۷۷	-۰/۰۱۸	-۰/۱۳۸	-۰/۰۴۶	۰/۱۶۴	-۰/۰۱۸	-۰/۰۰۷
۷+۸						-۰/۴۵۲xx	-۰/۳۰۲xx	-۰/۱۰۲	-۰/۴۳۵xx	-۰/۱۰۲	۰/۱۸۸	۰/۳۱۵xx	۰/۳۸۰xx	۰/۱۲۴	۰/۰۵۱
۷+۹							-۰/۱۶۷	-۰/۰۵۶	-۰/۲۴۰x	-۰/۰۵۶	-۰/۳۰۲xx	-۰/۱۴۲	۰/۳۸۸xx	-۰/۰۵۶	-۰/۳۲۲xx
۱۳+۱۶								-۰/۰۳۸	-۰/۱۶۰	۰/۳۳۸xx	-۰/۰۳۴	-۰/۰۹۵	۰/۰۹۲	-۰/۰۳۸	۰/۰۲۱
۱۴+۱۵									-۰/۰۵۴	-۰/۰۱۳	-۰/۰۹۷	-۰/۰۳۲	۰/۱۱۵	-۰/۰۱۳	-۰/۰۴۹
۱۷+۱۸										-۰/۰۵۴	۰/۱۷۰	-۰/۱۳۷	-۰/۰۸۴	-۰/۰۵۴	۰/۲۹۸xx
۱۳+۱۹											۰/۱۲۱	-۰/۰۳۲	-۰/۱۱۰	-۰/۰۱۳	-۰/۱۸۸
۲+۱۲												-۰/۲۵۴x	-۰/۸۳۸xx	-۰/۰۹۷	-۰/۲۶۰x
۲xxx+۱۲													-۰/۲۷۸x	-۰/۰۳۲	-۰/۱۷۵
۵+۱۰														-۰/۱۱۰	۰/۳۷۰xx
۱۲															-۰/۰۹۵

x و xx به ترتیب نشان می دهد که در سطح ۵٪ و ۱٪ معنی دار می باشد

جدول۷- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای صفت ارتفاع رسوب

مکان ژنی	آلل	β	S.E.	R^2 جزیی	R^2 مدل	F
Glu-D1	۵+۱۰	۹/۲۵۵	۱/۱۸۸	۰/۱۵۴	۰/۱۵۴	۱۹/۹۰۵
Glu-B1	۱۷+۱۸	۷/۹۶۳	۱/۷۹۶	۰/۰۵۸	۰/۲۱۲	۱۵/۹۹۰
Glu-B1	۷+۸	۵/۶۵۳	۱/۶۰۳	۰/۰۵۰	۰/۲۶۲	۱۳/۴۸۷
Glu-A1	نول	-۳/۴۶۱	۱/۱۲۴	۰/۰۵۲	۰/۳۱۴	۱۷/۷۱۶

REFERENCES

1. Bietz. J.A., K.W. Shephered, & J.C. Wall. 1975. Single kernel analysis of glutenin: Use in wheat genetics and breeding. Cereal Chem 52: 513–532.
2. Blumenthal. C., C. W. Wrigley., I. L. Baty, & E.W.R. Barlow. 1994. The heat shock response relevant to molecular and structural changes in wheat yield and quality . Aust. J. Plant Physiol. 21: 901-909.
3. Doekes.G.J., & L.M.J. Wennekes. 1982. Effect of nitrogenfertilization on quantity and composition of wheat flour protein. Cereal Chem. 59:276-278.
4. Graybosch. R.A., C.J.Peterson., J. H. Lee, & D. R. Shelton. 1994. Effect of glutenin protein polymorphisms on breadmaking quality of winter wheats. Crop Sci. 34:628-635.
5. Hea. G. Y., H. D. Jonesb., R. D'Ovidioc., S. Mascic., M. Chenab., J. Westb., B. Butowd., O. D. Andersone., P. Lazzerif., R. Fidob, & P. R. Shewry. 2005. Expression of an extended HMW subunit in transgenic wheat and the effect on dough mixing properties. Journal of Cereal Science 42: 225–231.
6. Gupta. R. B., I. L. Batey, & F. M. Ritchie. 1992. Relationships between protein composition and functional properties of wheat flour. Cereal Chem. 69:125-131.
7. Gupta. R. B., K. Khan, & F. M. Ritchie. 1993. Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. J. Cereal Sci. 18:23-41.

8. Hoseney. R. C., K.F. Finney., M. D. Shogren, & Y. Pomeranz. 1969. Functional (breadmaking) and Biochemical properties of wheat flour components . III. Characterization of gluten protein fractions obtained by ultracentrifugation. Cereal Chem. 46:126-135.
9. Johansson, E., P. Henriksson., G. Svensson, & W. K. Henheen. 1993. Detection, chromosomal location and evalution of the functional value of a novel high Mr glutenin subunit found in Swedish Wheat. J. Cereal Sci. 17:154-158.
10. Khatkar, B. S., & J. S. Schofield. 1997. Molecular and physicochemicalbasis of breadmaking-properties of wheat gluten proteins : A critical appraisal. J.Food Sci. Technol. 34:85-102.
11. Lukow, O.M., P.I. Payne & R. Tkachuk, 1989. The HMW glutenin subunit composition of Canadian wheat cultivars and their association with bread-making quality. J Sci Food Agric 46:451–460.
12. MacRitchie,F.,1987.Evaluation of contributions from wheat protein fractions to dough mixing and breadmaking.J.Cereal Sci. 6:259-268.
13. MacRitchie,F., .1992. Physicochemical properties of wheat proteins in relation to functionality. Adv.Food Nutr. Res. 36:1-87.
14. MirAli, N., M. I. Arabi., & B. Al-Safadi. 1999. The high molecular weight glutenin subunit composition of Syrian grown bread wheat and its relationships with gluten strength. J. Genet. Breed. 53:237-245.
15. Morgunov, A.I., R.J. Pena, J. Crossa & S. Rajam, 1993. Worldwide distribution of Glu-1 alleles in bread wheat. J Genet & Breed 47: 53–60.
16. Najafian. G. & S. Abd-mishani. 1995. Relationship between High Molecular Weight Glutenin and bread making quality of Iranian grown wheat variety. Iranian journal of Agriculture Science. 26: 1-14.
17. Najafian. G., S. Abd-mishani, & B. Yazdi-samadi. 1997. Effect of allelic variation for High Molecular Weight Glutenin subunit on bread making quality of breeding lines of wheat. Iranian journal of Agriculture Science. 28: 31-40.
18. Payne, P.I., 1987. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. Ann Rev Plant Physiol 38: 141–153.
19. Payne. P. I., K. G. Corfield, & J. A. Blackman. 1979. Identification of high molecular weight subunits of glutenin whose presence correlates with bread making quality in wheat of related pedigree. Theor Appl Genet 55:153–159.
20. Payne. P. I., K. G. Corfield., L. M. Holt & J. A. Blackman. 1981. Correlation between the inheritance of certain high molecular weight subunit of glutenin and bread-making quality in progenies of six crosses of bread wheat. J. Sci. Food Agri. 32:51-60.
21. Payne, P.I., L.M. Holt, E.A. Jackson & C.N. Law, 1984.Wheat storage proteins: their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. Phil Trans R Soc Lond B 304: 359–371.
22. Payne, P.I., L.M. Holt, K. Harinder, D.P. MaCartney & G.J. Lawrence. 1987. The use of near-isogenic lines with different HMW glutenin subunits in studying bread-making quality and glutenin structure. In: R. L?sztity & F. Békés (Eds.), Proc. 3rd Int. Workshop Gluten Proteins, pp. 216–226. World Scientific, Singapore.
23. Payne. P. I., L. M. Holt., & G. J. Lawrence. 1983. Detection of a novel high molecular weight subunit of glutenin in some Japanese hexaploid wheats. Journal of Cereal Science 1, 3–8.
24. Payne, P. I., M. A. Nightinale., A. F. Krattiger, & L. M. Holt. 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the brad-making quality of British-grown wheat varieties. J. Sci. Food Agri. 40:51-46.
25. Payne, P. I., Rogers, W. J., Seeking, J.A., & Sayers, E. J. 1991. Effect on breadmaking quality of x-type and y-type high molecular weight subunits glutenin. J. Cereal Sci. 14:209-221.
26. Pechanek, U., A. Karger, S. Groger, B. Charvat, G. Schoggle, & T. Lelly. 1997. Effect of nitrogen fertilization on quantity of flour protein components, dough properties , and breadmaking quality of wheat. Cereal. Chem. 74:800-805.

27. Perron, C. E., Lukow, O. M., & Townley-smith, F. 1998. The use of doubled haploids to investigate the effect of endosperm proteinson dough mixing and baking properties. proc. 9th Int. wheat Genet. Symp. 4:248-250.
28. Pritchard, P. E., & Brock, C. J. 1994. The glutenin fraction of wheat protein: The importance of genetic background on its quantity and quality. J. Sci. Food Agric. 65:401-406.
29. Quick,J.S. & B. I. Donnelly. 1980. A rapid test for estimation of durum wheat gluten quality. Crop Sci. 20:816-818.
30. Rogers, W.J., P.I. Payne & K. Harinder, 1989. The HMW glutenin subunit and gliadin compositions of German-grown wheat varieties and their relationship with bread-making quality. Plant Breeding 103: 89–100.
31. Sadeghzadeh. B., M. R. Ghannadha, P. Ahmadian Tehrani, S. Abdmishani & B. E. Seied Tabatabaei. 2002. Determination of relationship between HMW-GS and wheat baking quality through Electrophoresis. Iranian journal of Agriculture Science. Vol 33, No 3, 535-542.
32. Bahraei, S., A. Saidi & D. Alizadeh.2004. High molecular weight glutenin subunits of current bread wheats grown in Iran. Euphytica 137: 173–179.
33. Shewry, P. R., N. G. Halford., & A. S. Tatham. 1992. High molecular weight subunits of wheat glutenin. J. Cereal Sci. 15:105-120.
34. Shewry, P.R., Tatham, A.S., Baro, F., Barcelo, P., & Lazeri, P. 1995. Biotechnology of breadmaking: Unravelling and manipulating the multi-protein gluten complex. Biotechnology, 13:1185–1190.
35. Tahir, M. & D. Lafiandra, 1994. Assessment of genetic variability in hexaploid wheat landraces of Pakistan based on polymorphism for HMW-glutenin subunits. In: Biochemical Evaluation of Plant Fenetic Resources, Final Technical Report, Dept. of Agrobiology and Agrobiochemistry, University of Tuscia, Viterbo, Italy, pp. 33–44.