مجله علوم گياهان زراعي ايران
دوره ۴۰، شماره ۴، ۱۳۸۸ (۱۰۲-۹۱)

ارتباط گليادين‌ها و شاخص‌هاي كيفيت نانوايي در ارقام گندم زمستانه و بهاره شمال‌غرب كشور و مقايسه با ارقام اصلاح شده

مصطفي وليزاده[1]*، هديه بدخشان[2]، اميد سفاليان[3]، صفر نصراله‌زاده[4] و بهروز پيرايشفر[5]
۱، ۲، ۳، ۴، استاد، دانشجويان تحصيلات تكميلي و استاديار، دانشكده كشاورزي دانشگاه تبريز
۵، محقق، موسسه تحقيقات اصلاح و تهيه نهال و بذر، آزمايشگاه شيمي غلات, كرج
(تاريخ دريافت: ۸۶/۶/۲۴- تاريخ تصويب: ۸۷/۱۱/۱۳)

چكيده

تعداد ١٦٥ رقم بومي گندم از شمال‌غرب كشور در قالب دو طرح آزمايشي بهاره و پاييزه در ايستگاه پژوهشي دانشكده كشاورزي دانشگاه تبريز مورد بررسي قرار گرفتند. در اين آزمايش‌ها ضمن حذف ناخالصي‌هاي آشكار و تكثير بذر در شرايط يكنواخت، تيپ رشدي ١٠٤ توده بومي شناسايي شد و نمونه‌هايي به صورت تك خوشه از آنها برداشت گرديد. حداقل سه نمونه از اين ارقام، به همراه ٤٤ رقم اصلاح شده گندم با روش **A-PAGE** تجزيه شدند. از بذر تكثير شده در شرايط يكسان مزرعه‌اي براي تعيين كيفيت نانوائي از طريق شاخص‌هايي كه به مقدار بذر كم نياز دارند (حدود ۵۰ گرم)، مانند سختي دانه، درصد پروتئين، درصد جذب آب توسط آرد، حجم قرص نان، رسوب زلني و حجم رسوب **SDS** استفاده گرديد. همه گليادين‌ها در ارقام بومي و اصلاح شده چند شكلي نشان دادند. تعداد نوار گليادين در ارقام بومي زمستانه (۱/۳٤ ± ۲۸) به شكل معني‌داري بيشتر از ارقام اصلاح شده زمستانه (۰/۸۹±۲۱) بود. در حالي كه ميانگين تعداد گليادين در ارقام بومي بهاره (۱/۲۱±۲۵) با ارقام اصلاح شده بهاره (۱/۳۳ ± ۲٦) اختلاف معني‌دار نداشت. ميانگين شاخص‌هاي كيفيت در ارقام اصلاح شده بيشتر از ارقام بومي بود ولي فقط ميزان سختي دانه و جذب آب در اين دو گروه اختلاف معني‌دار نشان دادند (**p**<۰/۰۵). ميانگين اين شاخص‌ها در گندم‌هاي بهاره بويژه از لحاظ درصد پروتئين، رسوب زلني و حجم قرص نان بيشتر از گندم‌هاي زمستانه بدست آمد. در هر دو گروه زمستانه و بهاره همبستگي ۷ تا ۱۱ نوار گليادين با برخي از اين شاخص‌ها مثبت و معني‌دار و با همين تعداد گليادين منفي و معني‌دار بود. بررسي تجزيه همبستگي‌ها و تجزيه كلاسترهاي گوناگون در اين پژوهش امكان داد كه به ترتيب ارقام بومي زمستانه با شماره بانك ژن ١٠٤٢٥، ١١٠٧١، ١١٢٠٣، ١٢٠٧٤ و ١١٠٢٩ و ارقام بومي بهاره ١٠٤٢٢، ١١٠١٢، ١١٢٠٤ و ١٤٢٢ به خاطر داشتن پروتئين‌هاي مطلوب بيشتر و شاخص‌هاي كيفي بالاتر جهت هرگونه استفاده در برنامه‌هاي اصلاح كيفيت نانوايي معرفي شوند.

واژه‌هاي كليدي: شاخص‌هاي كيفيت نانوائي، ارقام بومي گندم، چند شكلي گليادييني.

مقدمه

در زمينه تعيين كيفيت نانوايي گندم روش‌هاي گوناگوني در اختيار پژوهشگران قرار دارند كه اغلب آنها مانند استفاده از فارينوگراف[1]، الوئوگراف[2] و اكتنسومتر[3]

1. Farinograph
2. Alveograph
3. Extensometer

* نويسنده مسئول: مصطفي وليزاده تلفن:۰۹۱۴-۱۱۵۶۱۶۹ E-mail: mvalizadeh@tabrizu.ac.ir

مستلزم وقت و هزينه زياد هستند و يا گاهي به مقادير زيادي از آرد گندم براي اجراي آزمايش‌هاي استاندارد پخت نان نياز دارند و الزاماً در نسل‌هاي پيشرفته اصلاحي (F_6 و بالاتر) كاربرد بيشتري دارند (Blackman & Payne, 1987; Tronsmo et al., 2003; Uhlen et al., 2004). با وجود اين، در مراحل اوليه اصلاح گندم (F_2، F_3 ...) روش‌هايي مطلوبترند كه ساده و كم هزينه باشند و بتوان با ميزان اندك بذر كيفيت نانوايي را برآورد كرد. در اين راستا، امروزه از دو سري رهيافت استفاده مي‌شود. رهيافت اول استفاده از شاخص‌هايي است كه به مقدار بذر كم براي ارزيابي كيفيت نانوايي نياز دارند مانند درصد پروتئين، سختي دانه، رسوب SDS، رسوب زلني كه به طور مشترك در ايالات متحده، اروپا و سيميت در نسل‌هاي اوليه اصلاح ارقام گندم بكار مي‌روند. رهيافت دوم تجزيه پروتئين‌هاي گلوتنين (با روش SDS-PAGE) و گليادين (با روش A-PAGE) است كه علاوه بر روش‌هاي فوق در اصلاح گندم‌هاي اروپايي كاربرد پيدا كرده است (Pena, 2006). گلوتنين‌ها و گليادين‌ها مجموعاً گلوتن يا پرولامين را تشكيل مي‌دهند. گلوتنين‌ها ساختار پليمري دارند و روي كشساني[1] (الاستيسيته) گلوتن خمير موثرند در حالي كه گليادين‌ها ساختار مونومري دارند و در چسبناكي يا قوام (ويسكوزيته[2]) و قابليت ارتجاع[3] آن تاثير مي‌گذارند (Gianibelli et al., 2001; Pena, 2006). هرچند كه برخي از پژوهشگران (Fido et al., 1997) معتقدند نوع يا كيفيت پروتئين‌هاي ذخيره‌اي به مراتب موثرتر از مقدار آنهاست ولي اغلب محققين ثابت كرده‌اند كه هم كيفيت و هم كميت اين پروتئين‌ها با كيفيت نانوايي گندم ارتباط دارند (Wrigely et al., 1990; Weegles et al., 1996; Pena et al., 2002; Grag et al., 2006). در استفاده از روش الكتروفورز پروتئين‌هاي ذخيره‌اي موجود در دانه گندم بخصوص گلوتن آرد يك يا چند دانه كافي است تا پروتئين‌هاي همبسته با كيفيت مطلوب نانوايي شناسائي شود و بدين ترتيب امكان اصلاح همزمان كيفيت نانوايي ارقام گندم در حال اصلاح براي صفات ديگر مانند عملكرد يا مقاومت به بيماري و غيره فراهم شود (Rezae, 1997; Tohidfar et al., 2000).

در مراكز دانشگاهي و تحقيقاتي ايران، بررسي‌هاي نسبتاً خوبي روي نمونه‌هايي از گندم براي پروتئين‌هاي گلوتنين (Najafian & Abdmishani, 1996; Najafian et al., 1999) و براي پروتئين‌هاي گليادين (Sepahvand & Vojdani, 1997) انجام گرفته و تلاش شده است كيفيت نانوايي از روي الگوي نواري تعيين شود يا تنوع ژنتيكي ارزيابي شود.

در ارتباط با تجزيه الكتروفورزي پروتئين‌هاي گندم و تعيين كيفيت آنها در كشورهاي خارجي نيز پژوهش‌هاي گسترده‌اي صورت گرفته است كه از جمله آنها مي‌توان به كارهاي Ayoub et al. (1993) در كانادا، Lowrence & Shepherd (1980) در استراليا، Branlard & Dartevet (1985) در فرانسه و Morgunov et al. (1990) در روسيه اشاره كرد. در اكثر تحقيقات خارجي نيز ارتباط بين پروتئين‌هاي ذخيره‌اي در گندم‌هاي بومي و اصلاح شده با تيپ رشد متفاوت و شاخص‌هاي كيفيت نانوايي بطور همزمان مورد مطالعه قرار نگرفته است.

بنابراين، هدف از انجام اين پژوهش عبارت بود از تجزيه الكتروفورزي گليادين‌ها و تعيين ارتباط آنها با شاخص‌هاي كيفيت نانوايي مرسوم در نسل‌هاي اوليه اصلاحي گندم در تعداد كافي از ارقام بومي شمالغرب كشور كه در شرايط محيطي يكنواخت تكثير شده و تيپ رشدي آنها شناسائي شده بود و مقايسه آنها با ارقام اصلاح شده گندم در همان شرايط.

مواد و روش‌ها

مواد گياهي و تعيين تيپ رشدي (بهاره يا زمستانه بودن)

مواد گياهي شامل حدود ۱۶۰ رقم بومي گندم‌هاي دو استان آذربايجان‌شرقي و غربي بود كه از طريق بانك ژن ملي موسسه اصلاح و تهيه نهال و بذر (كرج) تهيه گرديد. به غير از اين مواد، پنج رقم بومي و ۴۴ رقم اصلاح شده موجود در دانشكده كشاورزي دانشگاه تبريز نيز وارد آزمايش شد.

به علت اندك بودن مقدار بذر ارقام بومي و بمنظور تعيين تيپ رشدي آنها، آزمايشي در بهار ۱۳۷۶ به صورت طرح حجيم شده (اگمنتد) با ۵ تيمار شاهد در ۴ تكرار و با واحدهاي آزمايشي يك متري و ۲۰ بذر كشت شده به اجرا درآمد و تيپ رشدي بسياري از آنها مشخص گرديد.

1. Elasticity
2. Viscosity
3. Extensibility

براي حدود ۸۱ رقم از گندم‌ها که با آزمایش فوق بذر بسیار کم تولید کردند یا تیپ رشد بینابین نشان دادند آزمایش دیگري در پاییز سال ۱۳۷۷ در قالب يك طرح بلوك‌هاي متعادل گروهي مورد اجرا قرار گرفت و تیپ رشدي قطعي آنها بدست آمد. هر دو آزمایش در مزارع ایستگاه تحقیقات دانشکده کشاورزي تبریز پیاده شدند و ضمن تکثیر بذر تعدادي نمونه از هر رقم انتخاب و براي تجزیه‌هاي آزمایشگاهي نگهداري شدند.

اندازه‌گیري شاخص‌هاي کیفیت نانوایي (در مقیاس کوچك)

براي ۵۹ رقم گندم بومي بهاره، ۴۵ رقم گندم بومي زمستانه و ۱۸ رقم اصلاح شده از گندم‌هاي داراي مقدار بذر کافي (حدود ۵۰ گرم) و برخوردار از تیپ رشد کاملاً متمایز، شاخص‌هاي کیفیت نانوایي زیر با آزمون‌هاي استاندارد در مقیاس کوچك در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) در سال ۱۳۷۹ اندازه‌گیري شدند: سختي دانه[1] (Rahman et al., 1991)، درصد پروتئین دانه[2]، درصد جذب آب[3] توسط آرد، رسوب زلني[4] (Axford et al., 1979) و حجم قرص نان[5]. آزمون حجم رسوب SDS[6] (Axford et al., 1979) در سال ۱۳۸۰ روي تعداد کمتري از ارقام در آزمایشگاه گروه زراعت دانشگاه تبریز انجام شد. واحد اندازه گیري شاخص هاي سختي دانه، رسوب SDS، عدد زلني و میزان جذب آب به ترتیب PSI[7] ، میلي متر، میلي لیتر، سانتي متر مکعب و درصد بود (Rajabzadeh, 1998).

بررسي الگوي نواري گلیادین‌ها (قابل اجرا با يك یا چند بذر)

دست کم سه نمونه انتخاب شده از ارقام بومي و اصلاح شده گندم که در آنها شاخص‌هاي کیفیت اندازه‌گیري شده بود، الکتروفورز اسیدي در ژل‌هاي پلي اکریلامید (A-PAGE) براساس روش Lafiandra & Kassarda (1985) در گروه اصلاح نباتات دانشگاه تبریز صورت گرفت. ژل‌هاي با ابعاد ۳*۱۳۰*۱۶۰ میلي‌متر و غلظت ۷/۵ درصد براي جداسازي گلیادین‌ها بکار رفت. راه‌اندازي اولیه الکتروفورز به مدت ۹۰ دقیقه با شدت جریان ۴۵ میلي‌آمپر انجام شد و پس از بارگذاري نمونه در ژل بالایي، الکتروفورز اصلي بمدت ۲/۵ ساعت با جریان ۳۰ میلي‌آمپر ادامه یافت. پس از رنگ‌آمیزي ژل‌ها، نامگذاري نوارها بر اساس Bushuk & Zillman (1977) و Bushuk & Sapirstein (1991) با استفاده از نوار مرجع ۵۰ در گندم مارکوئیس و محاسبه فاصله حرکت نسبي هر نوار انجام گرفت. در همه ژل‌ها رقم مارکوئیس به عنوان شاهد بارگذاري گردید و نوارهاي گلیادین به چهار گروه تقسیم شدند: امگا (حرکت نسبي کمتر از ٤٠)، گاما (٤٠ تا ٥٣)، بتا (٥٣ تا ٦٧) و آلفا (بیشتر از ٦٧).

تجزیه‌هاي آماري

میانگین و انحراف معیار تعداد و فراواني نوارهاي گلیادین به تفکیك ارقام بومي و اصلاح شده و تیپ رشد محاسبه گردید. همچنین ضرایب همبستگي (اسپیرمن و پیرسون) بین نوارهاي گلیادین و شاخص‌هاي کیفیت نانوایي و بین شاخص‌ها محاسبه شدند. براي نوارهایي که با شاخص‌هاي کیفي همبستگي مثبت یا منفي معني‌دار نشان دادند، تجزیه واریانس براساس طرح کاملاً تصادفي نامتعادل انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن در سطح احتمال ۵% بعمل آمد. از روش تجزیه کلاستر به روش متوسط گروه‌ها (UPGMA) ارقام متفاوت گندم از نظر شاخص‌هاي کیفیت نانوایي گروه‌بندي شدند. براي برآورد فاصله بین ارقام از فاصله اقلیدسي استفاده شد. براي اطمینان از گروه‌بندي درست ارقام گندم براساس شاخص‌هاي اندازه‌گیري شده با روش تجزیه کلاستر از تجزیه واریانس چند متغیره استفاده شد. به طوري که هر کلاستر به عنوان يك تیمار و ارقام داخل هر کلاستر به عنوان تکرار در نظر گرفته شد. در تجزیه و تحلیل‌هاي آماري فوق، نرم‌افزارهاي MSTATC و SPSS بکار رفت.

نتایج و بحث

شکل‌هاي ۱ و ۲، نمونه‌اي از الگوي نواري به دست آمده را نشان مي‌دهند. نوارهاي گلیادین در هر ژل بر اساس روش Bushuk & Zillman (1977) به چهار قسمت آلفا، بتا، گاما و امگا تقسیم شدند (شکل۱) و براي هر نوار يك حرکت نسبي در مقایسه با نوار گلیادین ۵۰ رقم

1. Grain hardness
2. Protein content
3. Water absorption
4. Zeleny sedimentation
5. Loaf volume
6. SDS-sedimentation test
7. Particle Size Index

مارکوئیس محاسبه شد و هر نوار عددي بین ۱ تا ۱۰۰ را به خود اختصاص داد (شکل ۲). همه نوارها (گلیادین‌ها) براي ارقام بومي و ارقام اصلاح شده (اعم از بهاره یا زمستانه) چند شکلي نشان دادند و از روي الگوي نواري هر رقم قابل شناسائي بود. چند شکلي و نظام ژنتیکي گلیادین‌ها توسط Wrigely & Shepherd (1973) و Brown & Flavel (1981) مطالعه و معلوم شده است که ژن‌هاي رمز کننده گلیادین‌ها به صورت خوشه‌هاي چند تایي و بهم پیوسته در روي بازوي کوتاه کروموزوم‌هاي گروه ۱ و ٦ قرار دارند. مکان‌هاي ژني مستقر در گروه کروموزوم‌هاي ۱، موسوم به *Gli-1* (A_1، B_1 و D_1) رمز گردان گلیادین‌هاي امگا و اکثر گلیادین‌هاي گاما هستند؛ در حالي که ژن‌هاي گروه کروموزوم‌هاي ٦، موسوم به *Gli-2* (A_2، B_2 و D_2) همه گلیادین‌هاي بتا و آلفا و برخي از گاماها را رمز مي‌کنند (Metakovsky et al., 1986). با وجود این، تحقیقات بعدي (Nieto-Taladriz & Carillo, 1996) نشان داد که ژنتیك گلیادین‌ها پیچیده‌تر است. به هر حال وجود چند شکلي اللي در خوشه‌هاي ژني، حرکت نسبي متفاوت گلیادین‌هاي تولیدي و هگزاپلوئید بودن گندم نان، تنوع بسیار گسترده‌اي را براي این پروتئین‌ها به وجود آورده است و تشخیص الل‌ها و ژنوتیپ‌هاي هر رقم، به شرط در اختیار داشتن تعدادي نسبتاً زیاد از ارقام اصلاح شده بین‌المللي دور از دسترس نخواهد بود (Metakovsky, 1991). از این تنوع مي‌توان براي شناسایي ارقام بومي مفید به ویژه از نظر کیفیت نانوایي به خاطر سازگاري‌هاي مختلف آنها به شرایط زیست محیطي کشورمان استفاده کرد.

میانگین تعداد نوارهاي گلیادین مشاهده شده به همراه فراواني آنها، به عنوان معیارهائي از تنوع پروتئیني در ارقام گندم مورد مطالعه در جدول ۱ منعکس شده است. ملاحظه مي‌شود که تعداد نوارهاي موجود در ارقام بومي (با میانگین ۱/۰۱±۲٦) به شکل معني‌داري از تعداد آنها در ارقام اصلاح شده (۰/۹٦±۲۳) بیشتر است و این تفاوت در واقع از تفاوت میانگین تعداد نوار گلیادین در ارقام بومي زمستانه (با میانگین ۱/۲٤±۲۸) در مقایسه با ارقام اصلاح شده زمستانه (با میانگین ۰/۸۹±۲۱) ناشي شده است و نه گندم‌هاي بهاره.

میانگین فراواني نوارهاي گلیادین در گروه‌هاي مختلف گندم (احتمالاً به خاطر کوچك بودن تعداد ارقام اصلاح شده) اختلاف معني‌داري نشان نداد (جدول۱) ولي میانگین درصد نسبي (فراواني) گلیادین‌ها در ارقام بومي (۲/۱۱±۲۹/۰۱) بیشتر از ارقام اصلاح شده (۳/۵۲±۲٦/۱) بود. پس وجود تعداد بیشتر و معني‌دار گلیادین‌ها در ارقام بومي و فراواني بالاتر آنها در مقایسه با ارقام اصلاح شده مي‌تواند بیانگر تنوع ژنتیکي بالاتر گلیادین‌ها در ارقام بومي شمال‌غرب کشور در مقایسه با ارقام اصلاح شده باشد. وجود تنوع بیشتر در ارقام بومي با بسیاري از نتایج پیشین هماهنگي دارد (Lawrence & Shepherd 1980; Metakovsky et al., 1997). لازم به ذکر است که مرکز پیدایش گندم آسیاي جنوب غربي از جمله ایران شناسایي شده (Poelman, 1987) و وجود تنوع ژنتیکي بالا در گندم‌هاي شمالغرب کشور به عنوان بخشي از این مرکز دور از انتظار نیست.

میانگین، حدود اطمینان آماري و دامنه تغییرات شاخص‌هاي کیفي در جدول ۲ محاسبه شده است. میانگین شاخص‌هاي درصد پروتئین، رسوب زلني و حجم قرص نان در همه گروه‌هاي گندم اختلاف معني‌دار نشان نداد هرچند که بخصوص در تیپ زمستانه، گندم‌هاي اصلاح شده از میانگین بالاتري برخوردار بودند. با وجود این، تفاوت میانگین سختي دانه و میزان جذب آب هم در ارقام اصلاح شده زمستانه (به ترتیب با ۲/۰۰±۵۰/۹۱ و ۰/۸۲±٦٤/۱۸) و هم در ارقام بهاره (به ترتیب با ۲/۹۵±۵۳/٤۳ و ۰/۵٤±٦۵/٤٤) نسبت به میانگین ارقام بومي به گونه‌اي معني‌دار بالاتر بود و این مي‌تواند بیانگر موفقیت در افزایش کیفیت نانوایي از طریق اصلاح گندم باشد.

جدول ۳ ضرایب همبستگي پیرسون بین شاخص‌هاي کیفي را نشان مي‌دهد. براساس این جدول، ضرایب همبستگي در کلیه موارد مثبت و در اکثر آنها معني‌دار است. بدیهي است مولفین مختلف شاخص‌هاي کیفي مورد مطالعه را برحسب نیاز و شرایط براي اندازه‌گیري کیفیت نانوائي ارقام گندم مورد توجه و استفاده قرار داده‌اند و همبستگي مثبت و معني‌دار بین آنها دور از انتظار نیست و موارد غیرمعني‌دار احتمالاً بخاطر پایین بودن درجه آزادي در برخي موارد بوده است.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار آنها براي فراواني و تعداد نوارهاي گلیادین مشاهده شده در Acid-PAGE ارقام گندم مورد مطالعه

نوع رقم	تیپ رشد	تعداد رقم	تعداد نوارها	فراواني نوارها		
بومي	زمستانه	٤٥	۲۸±۱/۳٤	۲٦±۱/۰۱	۳۱±۳/۰۱	۲۹/۰۱±۲/۱۱
بومي	بهاره	٥۹	۲٥±۱/۲۱		۲۷/٤۹±۲/۸۱	
اصلاح شده	زمستانه	۲۷	۲۱±۰/۸۹	۲۳±۰/۹٦	۲٥±٥/۲۸	۲٦/۱±۳/٥۲
اصلاح شده	بهاره	۱۷	۲٦±۱/۳۲		۲۷/۸۷±۷/۰٦	

جدول ۲- میانگین محاسبه شده شاخص‌هاي کیفي مورد اندازه‌گیري در ارقام پاییزه و بهاره‌ي گندم‌هاي بومي شمالغرب کشور (تعداد ارقام در داخل پارانتز آمده است)

شاخص کیفي	ارقام زمستانه				ارقام بهاره			
	دامنه تغییرات		میانگین		دامنه تغییرات		میانگین	
	اصلاح شده (۱۱)	بومي (٤٥)	اصلاح شده (۱۱)	بومي (٤٥)	اصلاح شده (۷)	بومي (٥۱)	اصلاح شده (۷)	بومي (٥۱)
درصد پروتئین	۳/٥	٥/٤	۱۱/۸۸±۰/۷٤	۱۱/۰۱±۰/۳۷	۱/٥	۲/٦	۱۳/۲۸±۰/٥۹	۱۳/۲۹±۰/۱۸
رسوب زلني	۱۲	۲۷	۳۳±۲/۹۳	۲۹/٤٤±۱/٦۷	۹	۱۱	۳۸/۱٤±۳/۳۳	۳۸/٦٥±۰/۰۲
حجم قرص نان	۲٦٥	۳۹۲	٤۲۷/۷۳±٦۳/۰۲	۳۹٥/۷۳±۲۲/۰	۱۳٦	۲۳۸	٥۱۹/۸٦±٤۰/۷۲	٥۱۷/٤۱±۱٤/۰۲
سختي دانه	۱۰	۲۲	٥۰/۹۱±۲/۰۰*	٤۷/۲۷±۱/۱۹	۹	۱۲	٥۳/٤۳±۲/۹٥*	٤۹/٦۳±۰/۷۱
میزان جذب آب	۳	٥	٦٤/۱۸±۰/۸۲*	٦۳/۰٤±۰/۲۲	۱/۹	٥	٦٥/٤٤±۰/٥٤*	٦٤/۳۷±۰/۳٤
حجم رسوب SDS	-	۱۰	-	۲۹/۱۹±۱/۹۰	-	-	-	-

- بیانگر عدم انجام تجزیه است.

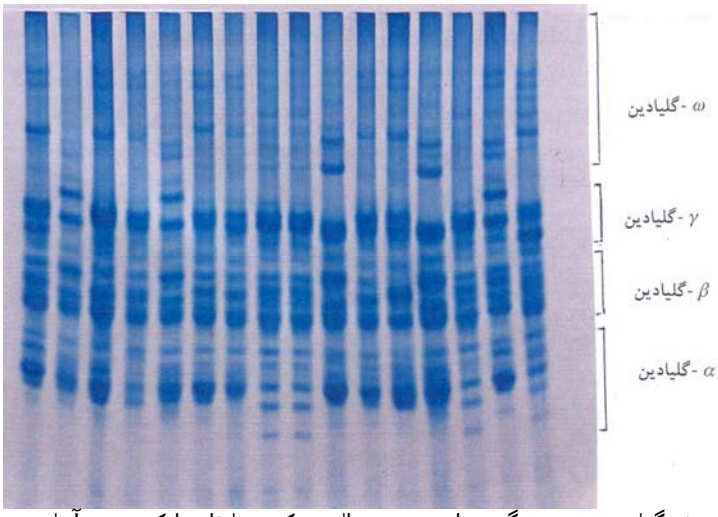
* : بیانگر اختلاف معني‌دار بین ارقام اصلاح شده و بومي منطقه در همان تیپ رشد و در سطح احتمال ٥% است.

جدول ۳- همبستگي بین شاخص‌هاي کیفي در ٥٦ رقم زمستانه بومي و اصلاح شده (سطر اول)، ۳۱ رقم زمستانه بومي (سطر دوم) و ٥۸ رقم بهاره بومي و اصلاح شده (سطر سوم) از گندم‌هاي مورد مطالعه

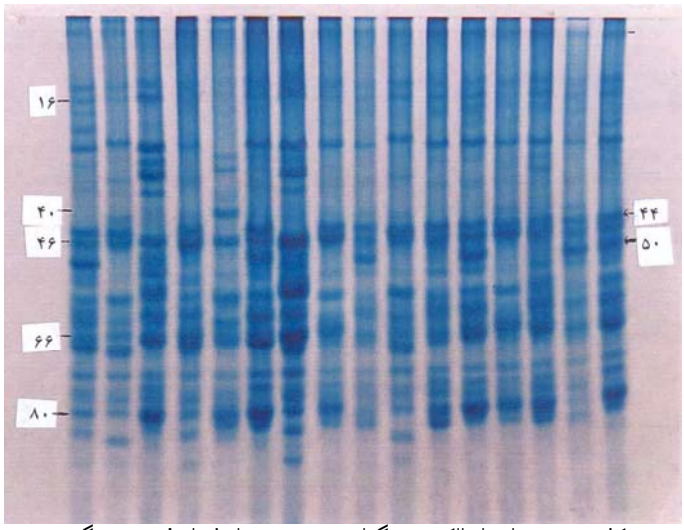
	درصد پروتئین	رسوب زلني	حجم قرص نان	سختي دانه	میزان جذب آب
رسوب زلني	۰/۹۳۹**				
	۰/۸۷۹**				
	۰/۸٦٦**				
حجم قرص نان	۰/٦۹٤**	۰/٦٤۱**			
	۰/۳٦۷*	۰/۳۳۷*			
	۰/٤۷۹**	۰/٥۱۱**			
سختي دانه	۰/٤۱۳**	۰/۳۰۸*	۰/۳۱۸*		
	۰/۱۸۲ns	۰/۲۰۰ns	۰/۰۸۸ns		
	۰/۰۷۰ns	۰/۲۰۰ns	۰/۲۸٤*		
میزان جذب آب	۰/٦٥۰**	۰/٦۲۸**	۰/٦٤۰**	۰/۷٥۸**	
	۰/٤٥۷**	۰/٤٤۲*	۰/۱۳٦ns	۰/۸۳٦**	
	۰/۱۰۳ns	۰/۱۷۲ns	۰/۳۷۲**	۰/۳۷۲**	
حجم رسوب SDS	-	-	-	-	-
	۰/۲۳۷ns	۰/۱۳ns	۰/۳۱٥ns	۰/۳٤۸ns	۰/۳۷۸*
	-	-	-	-	-

ns، * و ** بیانگر همبستگي غیرمعني‌دار، معني‌دار در سطح احتمال ٥% و ۱% است.

- به معني عدم تجزیه به کار رفته است.



شکل ۱- نمونه‌اي از الکتروفورگرام A-PAGE گندم‌هاي بومي شمالغرب کشور. ارقام مارکوئيس و آنزا به عنوان شاهد بکار رفته‌اند.
ارقام مورد مطالعه از چپ به راست عبارتند از: آنزا، ۱۲۰۷٦، ۱۲۱۸۷، ۱۱٤۹۸، ۱۱٤۸۸، ۱۱٤۹٤، ۱۲۰۷۷، ۱۲۰۷۹، ۱۱۲۰۲، ۱۱٤۸۰، ۱۲۱۹۷، ۱۱٤۹۹، ۱۱٤۷۷، ۱۲۱۹۱، ۱۰۵۲۷ و مارکوئيس



شکل ۲- نمونه‌اي از الکتروفورگرام A-PAGE ارقام اصلاح شده گندم.
به ترتيب از چپ به راست: آنزا، اورگون، سهند، سايونز، الموت C-۷۰-۳ ، زرين، کاسکوژن، هوراند، سووازن، دابل کراس شاهي، بزوستايا، سرداري، کراس اميد، MV۱۷، گاسپارد و مارکوئيس

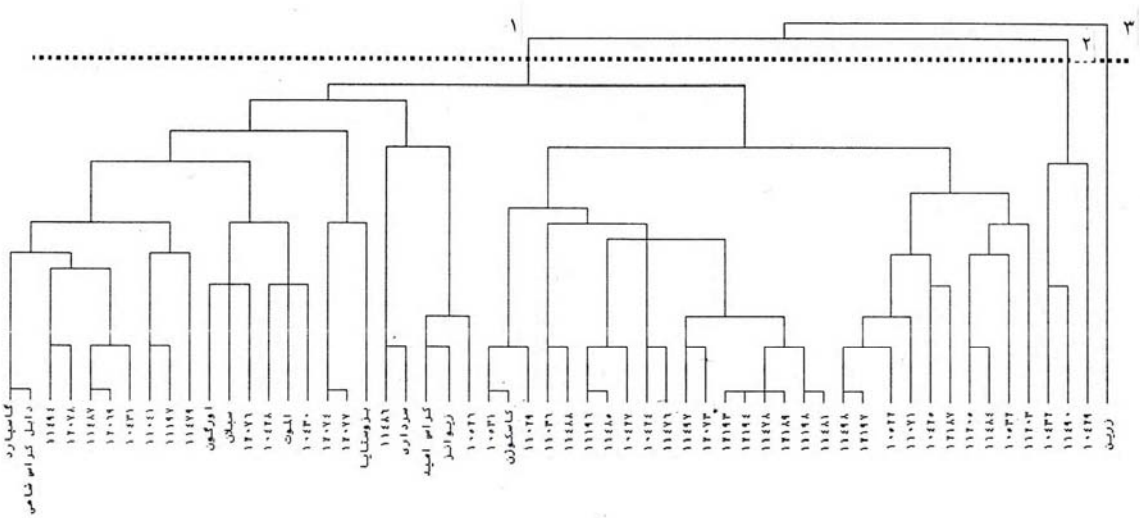
Najafian & Abdmishani (1996) نيز همبستگي مثبت و معني‌داري بين کيفيت نانوايي با درصد پروتئين‌ها پيدا کردند. Rajabzadeh (1998) اظهار داشت که حجم رسوب در پروتئين‌هاي ذخيره‌اي مرغوب از نقطه نظر کيفيت پخت معمولاً زيادتر است. بنابر عقيده‌ي Payan (2000)، آرد مناسب براي توليد نان معمولاً از گندم دانه سخت تهيه مي‌شود زيرا داراي مقدار پروتئين بيشتري است و گلوتن آن مرغوب‌تر است. ميزان جذب آب نيز يکي از عوامل مهم در کيفيت آرد به شمار مي‌آيد و بيان کنندة بازدهي آرد است.

مقدار جذب آب تابع عوامل مختلفي است که مهمترين آنها پروتئين آرد است. آردهايي که داراي جذب آب بالايي هستند گاز بيشتري در خمير نگهداري مي‌کنند که اين عامل به افزايش حجم قرص نان کمك مي‌کند (Campell et al., 1987). نتايج به دست آمده از جدول۳، با اين يافته‌ها هماهنگي دارد و نشان مي‌دهد که صفات تکنولوژيکي اندازه‌گيري شده در هر رقم که با حجم اندکي از بذر امکان‌پذير هستند مي‌توانند بيانگر کيفيت نانوايي آن رقم باشند.

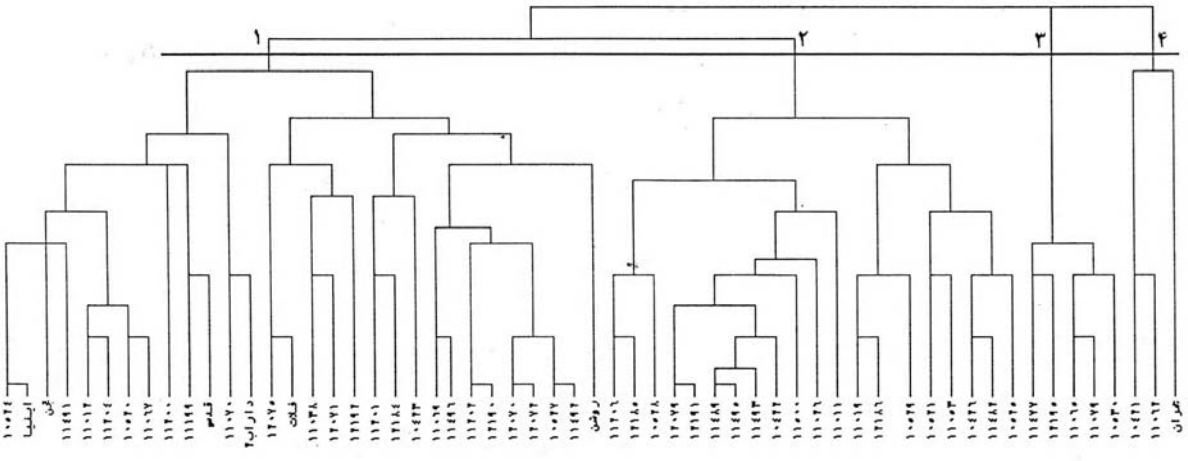
براي ٥٦ رقم گندم زمستانه، دندروگرام حاصل در شکل ۳ نشان داده شده است. ارقام گندم براساس شاخص‌هاي کیفیت نانوایي در سه کلاستر قرار گرفتند. در کلاستر ۳، دو رقم اصلاح شدهٔ زرین و اورگون و ارقام بومي ۱۱۰۷۱، ۱۱۰۲۹ و ۱۰٤۲٥ قرار گرفتند که از لحاظ کلیه‌ي شاخص‌ها، بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. به عنوان مثال دو رقم زرین و ۱۱۰۷۱ در یك زیر کلاستر قرار گرفته و تقریباً از نظر کیفیت با توجه به مقادیر اندازه‌گیري شده براي هر کدام از شاخص‌هاي کیفي مشابه همدیگرند. به طوري که درصد پروتئین، رسوب زلني، حجم قرص نان، شاخص سختي دانه و میزان جذب آب به ترتیب، در زرین ١٤، ٤٠، ٥٦٧، ٥٥ و ٦٥/٧ و در رقم بومي ۱۱۰۷۱ برابر ۱۳/۷، ٤٠، ٥٦٠، ٥۲ و ٦٦ بود. در کلاستر ۲، فقط رقم ۱۱٤۹٤ قرار گرفت که از لحاظ شاخص‌هاي درصد پروتئین برابر ۱۰ درصد، رسوب زلني ۲۲، حجم قرص نان ۲۱۷، شاخص سختي دانه ٤۱ و میزان جذب آب ٦۱ داراي کمترین مقادیر بوده است. ارقامي که در کلاستر ۱ قرار گرفتند براي هر کدام از شاخص‌هاي کیفي وضعیت بینابیني نشان دادند، به عنوان مثال در رقم ۱۲۰۷۳، مقدار پروتئین برابر ۱۰ درصد، رسوب زلني ۳۲، حجم قرص نان ۳٥۲، شاخص سختي دانه ٤٦ و میزان جذب آب ٦۳/٦ بود.

با توجه به معني‌دار بودن آزمون‌هاي بزرگترین ریشه‌ي روي، تراس پیلاي، ویلکس و تراس هتلینگ در تجزیه واریانس چند متغیره (به منظور اختصار نتایج ارائه نشده‌اند) نتیجه گرفته شد که آزمون F از لحاظ شاخص‌هاي درصد پروتئین، رسوب زلني، حجم قرص نان و میزان جذب آب، بین کلاسترها اختلاف معني‌دار نشان مي‌دهد. بدین ترتیب از نظر این شاخص‌ها ارقام گندم به خوبي گروه‌بندي شده‌اند. اما براي شاخص سختي دانه F غیرمعني‌دار به دست آمد پس، از لحاظ این شاخص، ارقام گندم مورد مطالعه به خوبي از همدیگر تفکیك نشدند.

دندروگرام حاصل از گروه‌بندي ٥۸ رقم بهاره با روش مشابه در شکل ٤ نشان داده شده است. ارقام گندم براساس شاخص‌هاي کیفیت نانوایي در چهار کلاستر قرار گرفتند. در کلاستر ٤، دو رقم بومي ۱۱۰۱۲ و ۱۰٤۲۲، از لحاظ کلیه‌ي شاخص‌هاي کیفي بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. درصد پروتئین، رسوب زلني، حجم قرص نان، شاخص سختي دانه و میزان جذب آب به ترتیب در رقم ۱۱۰۱۲ برابر ۱٤/٤، ٤۲، ٦۲۰، ٥۲ و ٦٤/٥ و در رقم ۱۰٤۲۲ برابر ۱٤/۱، ٤٤، ٦٥۰، ٥۳ و ٦٥/۷ بودند. در کلاستر ۲ ارقامي قرار گرفتند که از لحاظ کلیه‌ي شاخص‌هاي کیفي داراي کمترین مقدار بودند. به عنوان مثال در رقم ۱۱۰۷۹ درصد پروتئین، رسوب زلني، حجم قرص نان، شاخص سختي دانه و میزان جذب آب به ترتیب برابر ۱۲، ۳٤، ٤۱۳، ٤۸ و ٦۲/٥ بودند. کلاستر ۱ شامل ارقامي بود که شاخص‌هاي کیفیت در آنها بعد از ارقام گروه ٤ بیشترین مقادیر را داشتند و در کلاستر ۳ ارقامي قرار گرفتند که شاخص‌هاي کیفي در آنها وضعیت بینابین داشتند.



شکل ۳- دندروگرام حاصل از شاخص‌هاي کیفیت نانوایي مورد ارزیابي در ارقام گندم زمستانه و بومي شمالغرب کشور



شکل ٤- دندروگرام حاصل از شاخص‌هاي کیفیت نانوایي مورد ارزیابي در ارقام گندم بهاره و بومي شمالغرب کشور

با توجه به معني‌دار بودن آزمون‌هاي مختلف در تجزیه واریانس چند متغیره نتیجه‌گیري شد که گروه‌بندي براساس برخي شاخص‌هاي کیفي در اینجا نیز به خوبي انجام گرفته است. آزمون F از لحاظ شاخص‌هاي درصد پروتئین، رسوب زلني و حجم قرص نان بین کلاسترها اختلاف معني‌دار نشان داد. به این ترتیب از نظر شاخص‌هاي فوق ارقام گندم به خوبي گروه‌بندي شده‌اند اما شاخص‌هاي سختي دانه و میزان جذب آب غیرمعني‌دار بود. پس، از لحاظ این شاخص‌ها، ارقام گندم مورد مطالعه به خوبي از همدیگر تفکیك نشدند.

با محاسبه ضریب همبستگي (اسپیرمن) بین نوارهاي گلیادین و شاخص‌هاي کیفیت نانوایي در ارقام گندم مشاهده شد که برخي از نوارها با یك یا چند شاخص همبستگي معني‌دار مثبت یا منفي دارند (ضرایب همبستگي آورده نشده است). نتایج تجزیه آماري براساس طرح کاملاً تصادفي براي گلیادین‌هاي همبسته با هر کدام از شاخص‌هاي کیفیت در جدول‌هاي مقایسه میانگین ٤ و ٥ آورده شده است. در ارقام گندم زمستانه (جدول ٤)،

جدول ٤- میانگین ارقام زمستانه گندم واجد نوارهاي همبسته (مثبت یا منفي) براي شاخص‌هاي کیفیت نانوایي

شاخص‌هاي کیفي	گلیادین‌هاي مرتبط	میانگین ارقام واجد نوار	شاخص‌هاي کیفي	گلیادین‌هاي مرتبط	میانگین ارقام واجد نوار
	٤ (+)	٥٣/٧٥ a		٤ (+)	٦٤/٧٢ a
	٤٩ (+)	٥١/٠٧ ab		٦٦ (+)	٦٤/١٢ a
سختي دانه	٧٣ (-)	٤٩/٣٢ bc	میزان جذب آب	٤٩(+)	٦٣/٩٤ a
	٤٨ (-)	٤٦/٣٢ c		٤٨ (-)	٦٢/٨٤ b
				٥(-)	٦٢/٥٦ b
	٦٦ (+)	١٢/٥٢ a		٦٦(+)	٤٥٩/ ٧٥ a
	١٦ (+)	١١/٨٤ a		١٦(+)	٤٥٤/٤١ a
درصد پروتئین	٥ (-)	١٠/٤٤ b	حجم قرص نان	٦(+)	٤٢٩/٨٥ ab
	٧٨ (-)	١٠/٢٦ b		٧٩(+)	٤٢٧/٨١ ab
				٨٠(-)	٣٧٠/٠٩ b
				٧٥(-)	٣٦٩/٩٤ b
	٦٦ (+)	٣٥/٦٢ a		٤٧(+)	٣٣/٨٦ a
	٦ (+)	٣٢/٧١ ab		٤(+)	٣٣/٣٣ a
رسوب زلني	٤٥ (+)	٣١/٠٠ bc	حجم رسوب SDS	٤٤(+)	٣٢/٧٥ b
	٧٢ (-)	٢٧/٠٠ cd		٤٩(+)	٣١/٥٠ b
	٥ (-)	٢٦/٨ cd		٤٨(-)	٢٧/٢٨ b
	٧٨ (-)	٢٥/٣٣ d			

حروف متفاوت در میانگین‌هاي هر شاخص بیانگر اختلاف معني‌دار در سطح احتمال ٥% و در مورد حجم رسوب SDS در سطح احتمال ١٠% است.
نمادهاي + یا – در داخل پارانتز بیانگر همبستگي معني‌دار مثبت یا منفي بین گلیادین مورد نظر و میزان شاخص در ارقام گندم است.

براي مثال ارقام دارندة گلیادین‌هاي ٤ و ٤٩ که همبستگي مثبت با سختي دانه داشتند بیشترین میانگین این شاخص را به ترتیب برابر با ٥٣/٧٥ و ٥١/٠٧ به خود اختصاص دادند. حداکثر میانگین براي درصد پروتئین در ارقام واجد نوارهاي ٦٦ و ١٦ (به ترتیب با ١٢/٥٢ و ١١/٨٤) به دست آمد. بیشترین حجم رسوب زلني در ارقام داراي گلیادین‌هاي ٦٦ و ٦ با میانگین‌هاي ٣٥/٦٢ و ٣٢/٧١ مشاهده گردید. بالاترین میانگین میزان جذب آب در ارقام واجد گلیادین‌هاي ٤، ٦٦ و ٤٩ مشاهده شد. ارقام زمستانه واجد نوارهاي گلیادین ٦٦، ١٦، ٦ و ٧٩ حجم قرص نان بیشتري نشان دادند. هرچند که به علت تعداد کمتر ارقام تجزیه شده براي حجم رسوب SDS بین گروه‌هاي مورد مطالعه اختلاف آماري در سطح احتمال ١٠% معني‌دار بود، ارقام دارندة نوارهاي ٤٧ و ٤ بیشترین میانگین حجم رسوب (٣٣ میلي‌متر) را به خود اختصاص دادند. در ارقام گندم بهاره (جدول ٥) نیز گلیادین‌هاي واجد همبستگي معني‌دار مثبت یا منفي مشخص شدند. بیشترین میانگین‌ها براي سختي دانه در ارقام بهاره داراي نوارهاي ٨٧، ٦٢ و ٧٩، براي درصد پروتئین در ارقام داراي نوار ٨٢، براي رسوب زلني در ارقام داراي گلیادین‌هاي ٧٥ و ٨٢ و براي میزان جذب آب در ارقام داراي گلیادین‌هاي ٧٠، ٥٤، ٧٩ و ٥١ به دست آمد.

با مقایسه نتایج مندرج در جدول‌هاي مقایسه میانگین شاخص‌هاي کیفیت نانوایي ارقام داراي گلیادین‌هاي همبسته در ارقام زمستانه (جدول ٤) و بهاره (جدول ٥)، مشخص مي‌شود که تنها در مورد نوارهاي ٧٩ با تاثیر مثبت و دو نوار ٧٨ و ٨٠ با تاثیر منفي بر شاخص‌هاي کیفیت نانوایي مطابقت وجود دارد و براي مثال گلیادین‌هایي مانند ٤، ٥، ٦، ٤٧، ١٦، ٤٨، ٤٩ و ٦٦ که در ارقام زمستانه همبستگي‌هاي معني‌داري با شاخص‌هاي کیفیت نانوایي نشان داده بودند، در ارقام بهاره ارتباط معني‌داري نشان ندادند.

ارتباط معني‌دار اجزاء پروتئیني تشکیل دهنده‌ي گلوتن با کیفیت نانوایي گندم توسط پژوهشگران زیادي در دنیا به اثبات رسیده است. این ارتباط در بخش گلوتنین‌هاي با وزن مولکولي بالا و پایین به گونه روشن‌تري مورد شناسایي و بررسي قرار گرفته است (Payne & Lowrence, 1983; Bushuk, 1998; Corbellini et al., 1999; Takata et al., 2003; Deng et al., 2005) برخي از مولفین نیز روي اهمیت هم کمیت و هم کیفیت گلوتن (اعم از بخش گلوتنین‌ها و بخش گلیادین‌ها) در تعیین کیفیت نانوایي تاکید مي‌کنند (Gupta & MacRitchie, 1994; Pena et al., 2002; Pena, 2006). Fido et al. (1997) و Gianbelli et al. (2000) اظهار داشتند که گلیادین‌ها بخاطر محتوي لیزین پایین، یك عامل منفي در کیفیت تغذیه به حساب مي‌آیند و احتمالاً به جهت پیوستگي ژنتیکي با گلوتنین‌هاي داراي وزن مولکولي پایین در کیفیت نانوایي تاثیر مي‌گذارند.

جدول ٥- میانگین ارقام بهاره گندم واجد نوارهاي همبسته براي شاخص‌هاي کیفیت نانوایي

شاخص‌هاي کیفي	گلیادین‌هاي مرتبط	میانگین ارقام واجد نوار	شاخص‌هاي کیفي	گلیادین‌هاي مرتبط	میانگین ارقام واجد نوار
	٧٥ (+)	٤٠/٠٧ a		٧٠ (+)	٦٥/٠٦ a
	٨٢(+)	٤٠/٠٠ a		٥٤ (+)	٦٥/٠٠ a
رسوب زلني	٢٩ (-)	٣٧/٧٧ b		٧٩ (+)	٦٤/٩٥ a
	٨٣(-)	٣٧/٥٢ b	میزان جذب آب	٥١(+)	٦٤/٩٣ a
	٨٠ (-)	٣٦/٨٥ b		٨٣ (-)	٦٣/٨٤ b
	٨٢ (+)	١٣/٥٩		٨٠ (-)	٦٣/٩٢ b
	٥٩ (+)	١٣/٠١ b		٧٨ (-)	٦٣/٨٦ b
درصد پروتئین	٨٣ (-)	١٢/٩٨ b		٨٧ (+)	٥٢/٣٣ a
	٢٩ (-)	١٢/٩٨ b		٦٢ (+)	٥١/٤٧ a
	٨٠ (-)	١٢/٩٦ b		٧٩ (+)	٥١/١٩ a
	٧٠ (+)	٥٣٣/٠٠ a	سختي دانه	٦١ (-)	٤٩/٠٥ b
حجم قرص نان	٧٩ (+)	٥٣٢/١١ a		٨٦ (-)	٤٨/٣٠ b
	٦١ (-)	٤٩١/٨٧ b			

حروف متفاوت در میانگین‌هاي هر شاخص بیانگر اختلاف معني‌دار در سطح احتمال ٥% است.

نمادهاي + یا – در داخل پارانتز بیانگر همبستگي معني‌دار مثبت یا منفي بین گلیادین مورد نظر و میزان شاخص در ارقام گندم است.

با وجود اين، همبستگي‌هاي معني‌دار مثبت يا منفي بين كيفيت خمير و حضور پلي‌پپتيدهاي گليادين مشخص توسط چندين محقق گزارش شده است (Pogna et al., 1982; Metakovsky et al., 1997; Metakovsky & Branlard, 1998; Saxena et al., 1999; Wrigely et al. (1990) با افزودن‌گروه‌هايي از گليادين‌هاي خالص شده به آرد دريافتند كه اين گليادين‌ها حجم قرص نان را افزايش مي‌دهند. Wrigely et al. (1990) بين نوارهاي امگا گليادين و قوت و ضعف خمير همبستگي معني‌داري به دست آوردند و Branlard & Dartevet (1985) نشان دادند كه امگا گليادين‌ها عموماً تاثير منفي بر تعدادي از شاخص‌هاي كيفيت نانوايي دارند؛ در حالي كه تاثير مثبت برخي از گاما گليادين‌ها و برخي از آلفا و بتا گليادين‌ها با خواص تكنولوژيكي توسط Wrigely et al. (1990) گزارش شده است. Karatigger et al. (1996) در بررسي‌هاي خود به اين نتيجه رسيدند كه برخي از مكان‌هاي ژني اثر معني‌داري بر روي شاخص حجم رسوب SDS دارند. Johnsson (1996) ارتباط مثبتي بين امگا گليادين‌ها و كيفيت نانوايي بر مبناي عدد زلني به دست آورد.

ديده شده است كه ارقام واجد گليادين ۴۳/۵ كيفيت گلوتن، حجم قرص نان، حجم رسوب SDS و زمان اختلاط ميسكوگرام بيشتري نسبت به ارقام واجد نوار ۴۰ نشان مي‌دهند (Pogna et al., 1982; Matsukas & Morisson, 2006). با كاربرد توام روش‌هاي كروماتوگرافي مايع با فاز معكوس و الكتروفورز گليادين‌ها نشان داده شد كه بين گاما گليادين‌ها و معيارهاي كيفيت نانوايي مانند رسوب زلني و افزايش حجم قرص نان ضريب رگرسيون مثبتي وجود دارد (Rodriguez & Carillo, 1996). پس، عليرغم تناقض در يافته‌هاي محققين و مشخص شدن اين موضوع كه ارقام گندم براساس الگوي نواري گليادين‌ها قابل شناسايي هستند و نه تنها يك نوار گليادين بلكه مجموعه‌اي از چندين نوار (بلوك گليادين) مي‌تواند با كيفيت نانوايي ارتباط داشته باشد، ايده‌ي استفاده از تجزيه اين نوارها در برنامه‌هاي اصلاح گندم از لحاظ شناسايي ارقام، خلوص آنها و نيز از نظر كيفيت نانوايي توجيه پذير خواهد بود.

سپاسگزاري

از همكاران محترم در شوراي پژوهش‌هاي علمي كشور (كميسيون بيوتكنولوژي) كه بخشي از بودجه اين طرح را تامين فرمودند و در بانك ژن ملي موسسه اصلاح و تهيه نهال و بذر (كرج) كه بخش عمده‌اي از مواد گياهي را در اختيار اينجانبان قرار دادند كمال تشكر و قدرداني را دارد.

REFERENCES

1. Axford, D. W. E., McDermott, E. E. & Red-man, D. G. (1979). Note on the sodium dodecyl sulfate test of bread-making quality; Comparison with Pelshenke and Zeleny tests. *Cereal Chemistry*, 69, 229-230.
2. Ayoub, M., Fregreau-Reid, J. & Smith, D. L. (1993). Evaluation of the SDS-sedimentation test for the assessment of eastern Canadian bread wheat quality. *Can J Pant Sci*, 58, 325-329.
3. Blackman, J. A. & Payne, P. I. (1987). Grain quality. In: F. G. H. Lupton (ed.). *Wheat breeding, Its scientific basis*. Chapman and Hall Ltd., pp. 455-485.
4. Branlard, G. & Dardevet, M. (1985). Diversity of grain proteins and bread wheat quality I. Correlation between gliadin bands and flour quality characteristics. *J Cereal Sci*, 3, 329-373.
5. Brown, J. W. S. & Flavell, R. B. (1981). Fractionation of wheat gliadin and glutenin subunits by two dimentional electrophoresis and role of group 6 and group 1 chromosoms in gliadins synthesis. *Theor Appl Genet*, 59, 349-359.
6. Bushuk, W. (1998). Wheat breeding for end-product use. *Euphytica*, 100, 137-145.
7. Bushuk, W. & Sapirstein, H. D. (1991). Modified nomencature for gliadins. In: W. Bushuk and R. Tkachuk (ed.). Gluten proteins. Am. Assoc. *Cereal Chemistry*. Pp 454-458. St. Paul. USA.
8. Bushuk, W. & Zillman, R. R. (1977). Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus, method and nomenclature. *Can J Plant Sci*, 58, 505-515.
9. Campbell, W. P., Wrigley, G. W. & Cressy, P. J. (1987). Statistical correlations between quality attributes and grain protein composition for 71 hexaploid wheat used as breeding parent. *Cereal Chemistry*, 64(4), 293-299.
10. Corbellini, M., Empilli, S., Vaccino, P., Brandolini, A., Borghi, B., Haun, M. & Salamini, F. (1999). Einkorn characterization for bread and cookie production in relation to protein subunit composition. *Cereal Chemistry*, 76(S), 727-733.

11. Deng, Z. Y., Tion, J. C. & Sun, G. X. (2005). Influence of high molecular weight glutenin subunit substitution on rheological behaviour and bread-making quality of near-isogenic lines developed from Chinese wheats. *Plant Breeding*, 124(5), 428-431.
12. Fido, R. J., Bekest, F., Grast, W. & Tatham, A. S. (1997). Effects of A, B, Y, and ω-gliadins on the dough mixing properties of wheat flour. *J Cereal Sci*, 26, 271-277.
13. Garg, M., Sing, H., Kaur, H. & Dhaliwal, H. (2006).Genetic control of high protein content and its association with bread – makirg quality in wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 29, 1357-1369.
14. Gianibelli, M. C., Larroque, O. R., MacRitchie, F. & Wrigley, C. W. (2001). Biochemical, genetic and molecular characterization of wheat endosperm proteins. *American Assotiation of Cereal Chemists*, 1, 1-20.
15. Gupta, R. B. & Mac Ritchie, F. (1994). Allelic variation at glutenin subunit and gliadin loci *Glu-1*, *Glu-3* and *Gli-1* of common wheats II. Biochemical basis of the allelic effects on dough properties. *J Cereal Sci*, 19, 19-29.
16. Johnsson, E. (1996). Quality evaluation of D-zone omega gliadins in wheat. *Plant Breeding*, 1(15), 57-62.
17. Karatigger, A. F., Payne, P. I. & Law, C. N. (1996). Effects of the cappelle desprez (Bezostaya 1) substitution lines on aspects of bread–making quality of wheat. *Euphytica*, 89, 17–25.
18. Lafiandra, D. & Kasarda, D. D. (1985). One and two-dimentional(two-pH) polyacrylamide gel electrophoresis in a single gel: separation of wheat proteins. *Cereal Chem*, 62(5), 314-319 .
19. Lawrence, G. J. & Shepherd, K. W. (1980). Variation in glutenin protein subunits of wheat. *Austr J of Biol Sci*, 33, 221-233.
20. Matsoukas, N. P. & Morisson, I. R. (2006). Bread-making quality of ten greek bread wheats. II. Relationships of protein, lipid and starch component to baking quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55(1), 87-101.
21. Metakovsky, E. V. (1991). Gliadin allele identification in common wheat II. Catalogue of gliadin alleles in common wheat. *J Genet Breed*, 45, 325-344.
22. Metakovsky, E. V., Akhmedov, M. G. & Sozinov, A. A. (1986). Genetic analysis of gliadin-coding genes reveals gene clusters as well as single remote genes. *Theor Appl Genet*, 73, 278-285.
23. Metakovsky, E. V. & Branlalard G. (1998). Genetic diversity of French common wheat germplasm based on gliadin alleles. *Theor Appl Genet*, 26, 209-218.
24. Metakovsky, E. V., Annicchiarico, P., Boggini, G. & Pogna, N. E. (1997). Relationship between gliadin alleles and dough strength in Italian bread wheat cultivars. *J Cereal Sci*, 25, 229-236.
25. Metakovsky, M. B., Khezevic D. & Ivanoski, M. (2002). Protein allelic composition, dough rheology and baking characteristics of flour mill streams from wheat cultivars with known and varied baking qualities. *Cereal Chemistry*, 79 (5), 720-725.
26. Morgunov, A. L., Rogers, W. J. & Metakovsky, E. V. (1990). The HMW glutenin subunit composition of Soviet wheat varieties. *Euphytica*, 51, 41-52.
27. Najafian, G., Abdmishani, S. & Yazdi-Samadi, B. (1999). Effect of HMW-glutenin allelic diversity on bread making quality of improving wheat lines. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 28(3), 1-12. (In Farsi).
28. Najafian, G. & Abdmishani, S. (1996). Relationship between HMW-glutenin subunits and bread making quality for wheat grown in Iran. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 26(2), 31-40. (In Farsi).
29. Nieto-Taladriz, M. T. & Carillo, J. M. (1996). Effect of disulfide bond on farinograph and electrophoretic results. *Cereal Chemistry*, 68, 321-322.
30. Payan, R. (2000). *Introduction to cereal product technology*. Nourpardazan Publishers. Teheran. (In Farsi).
31. Payne, P. L. & Lawrence, G. J. (1983). Catalogue of alleles for the complex gene loci. *Glu-A_1*, *Glu-B_1* and *Glu-D_1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res Commun*, 11, 29-35.
32. Pena, R. J. (2006). *Wheat for bread and other foods*. FAO Cooperative Document Repository. www.fao.org/docrep/htm: 1-14.
33. Pena, R. J., Trethowan, R., Pfeiffer, W. H. & Ginkel, M. V. (2002). Quality (end-use) improvement in wheat; Compositional, genetic and environmental factors. *Journal of Crop Production*, 5(1/2), 1-38.
34. Poehlman, J. M. (1987). *Breeding field crops* (3ed.) Avi Book, Van Nostrand Reinhold. N. Y. p. 290.
35. Pogna, N. E., Boggini, G., Corbellini, M., Cattaneo, M. & Dalbelin Peruffo, A. (1982). Association between gliadin electrophoretic bands and quality in common wheat. *Can J Plant Sci*, 62, 973-978.
36. Rahman, S., Jolly, C. J. & Higgins, T. J. (1991). The chemistry of wheat grain hardness. *Chem Austr*, 58, 397-412.
37. Rajabzadeh, N. (1998). *Technologies of cereal processing and conservation*. Emam Reza University Publication. Mashhad. Iran. (In Farsi).
38. Rezae, A., (1997). Relationship between HMW-glutenin subunits and flour quality in wheat. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 27 (1), 11-21. (In Farsi).
39. Rodriguez-Quijano, M. & Carillo, J. M. (1996). Relationship between allelic variation of *Gli-1*, *Glu-3* prolamin loci and gluten strength in hexaploid wheat. *Euphytica*, 91, 141-146.

40. Saxena, D. C., Prasada Rao, U. J. S. & Haridas Rao, P. (1999). Indian wheat cultivars: Correlation between quality of gluten proteins, rheological characteristic of dough and Tandoori Roti quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74(2), 265-272.
41. Sepahvand, N. & Vojdani, P. (1997). Investigation on gliadin electrophoregrams of Iranian improved bread wheats. *Journal of Seed and Seedlings*, 11, 1-7. (In Farsi).
42. Takata, K., Nishio, Z., Funatsuki, W., Kawabara, T. & Yamauchi, H. (2003). Difference in canbimation between *Glu-B_1* and *Glu-D_1* alleles in bread-making quality using near-isogenic lines. *Food Science and Technology Research*, 9(1), 67-72.
43. Tohidfar, G., Abdmishani, S. & Yazdi-Samadi, B. (2000). Evaluation of seed storage protein relashonships with breadmaking quality in advanced wheat lines by electrophoresis. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 29(3), 606-616. (In Farsi).
44. Tronsmo, K. M., Faergestod, E. M., Schofield, J. D. & Magnus, E. M. (2003). Wheat protein quality in relation to baking performance evaluation by chorleywood bread process and a hearth bread baking test. *J Cereal Sci*, 38, 205-215.
45. Uhlen, A. K., Sahlstorom, S., Magnus, E. M., Fargestad, E. M., Dieseth, J. A. & Ringlund, K. (2004). Influence of genotype and protein content on the baking quality of hearth bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 887-894.
46. Weegles, P. L., Hamer, R. J. & Schofield, J. D. (1996). Critical review. Functional properties of wheat gluteinin. *J Cereal Sci*, 23, 1-18.
47. Wrigely, C. W. & Shepherd, K. W. (1973). Electrofocusing of grain proteins from wheat genotypes. *Ann New York Acad Sci*, 209, 154-162.
48. Wrigely, C. W., Robinson, P. J. & Williams, W. T. (1990). Associations between individual proteins and quality, agronomic and morphological attributes of wheat cultivars. *Aust J Agric*, 33, 409-418.