مجله زراعت و اصلاح نباتات
جلد ۱۲، شماره ۳، پائیز ۱۳۹۵
صفحات ۳۳-۱۵

ارزیابی شاخص‌های مرتبط با کیفیت دانه، خواص شیمیایی و رئولوژیکی گندم نان با استفاده از تجزیه بای‌پلات

Evaluation of indices related to grain quality, chemical and rheological properties of bread wheat using biplot analysis

خدیجه لکزایی[1*]، براتعلی فاخری[2]، سارا فرخ‌زاده[3]، زهره شایان[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۱۴

چکیده

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی لاین‌های نوترکیب گندم نان از نظر صفات مرتبط باکیفیت نانوائی، ۳۰ لاین نوترکیب گندم نان براساس طرح بلوک کامل تصادفی با دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات فیزیکی دانه (وزن هکتولیتر و وزن هزار دانه)، صفات شیمیایی آرد (درصد رطوبت، درصد ماده خشک، درصد پروتئین، شاخص گلوتن، درصد گلوتن خشک و مرطوب، درصد خاکستر و درصد چربی) و صفات مرتبط با ارزش نانوایی (درصد جذب آب، زمان مخلوط شدن خمیر، زمان گسترش خمیر، زمان شل شدن خمیر، مقاومت به کشش و پایداری یا ثبات خمیر) هر لاین اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که لاین‌های نوترکیب گندم برای همه صفات، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. تجزیه به عامل‌ها شش عامل را استخراج کرد که ۷۹/۱۴ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول با واریانس ۲۵/۷۶ درصد صفات فارینوگراف، عامل دوم با واریانس ۱۵/۸۱ درصد صفات کیفی، عامل سوم با واریانس ۱۲/۲۹ درصد، وزن هزاردانه، مخلوط شدن خمیر و گلوتن خشک و عامل چهارم با واریانس ۹/۷۷ درصد صفات درصد رطوبت و ماده خشک را شامل شدند. عامل پنجم نیز با عامل ششم ادغام و در مجموع ۱۵/۵۲ درصد از تغییرات داده‌های اولیه را توجیه کردند. با توجه به نتایج گرفته شده از ترسیم بای پلات‌های ژنوتیپ در صفت می‌توان زمان گسترش خمیر، درصد ماده خشک، مقاومت به کشش، پایداری یا ثبات خمیر، شاخص گلوتن، درصد جذب آب و وزن هکتولیتر را به عنوان بهترین و مهم‌ترین صفات مرتبط با کیفیت و عملکرد دانه و همچنین به عنوان شاخص‌های مطلوب در انتخاب ژنوتیپ‌های گندم نان معرفی نمود. از بین لاین‌های نوترکیب گندم نان مورد بررسی و بر اساس کلیه فاکتورهای ارزیابی شده، لاین ۱۶ نزدیکترین لاین به ژنوتیپ ایده‌آل بود که می‌تواند در برنامه‌های به نژادی در جهت بهبود کیفیت نانوایی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزش نانوایی، پایداری خمیر، تجزیه به عامل‌ها، شاخص گلوتن، گندم نان

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.
۲- دانشیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل.
۳- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه زابل و مدرس دانشگاه پیام نور فارس، مرکز داراب.
۴- کارشناس بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
* مکاتبه کننده: k.lakzaei@gmail.com

مقدمه

گندم از غلات استراتژیک و بسیار با ارزش در رژیم غذایی است که حدود ۲۰ درصد از اراضی جهان به کشت آن اختصاص یافته است (Goyal and Prasad, 2010; Peng *et al.*, 2011). براساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی جهان (فائو)، سطح زیر کشت گندم جهان ۲۱۷ میلیون هکتار و مقدار تولید آن ۶۷۵ میلیون تن است (FAO, 2012). از کل گندم تولیدی سالانه‌ی جهان، حدود ۷۵ درصد آن برای تهیه نان مصرف می‌شود، ۱۵ درصد مصارف صنعتی دارد و ۱۰ درصد به عنوان بذر برای کاشت به کار می‌رود (FAO, 2012). نان اصلی‌ترین فرآورده تولیدی از گندم است. گندم از اجزا و ترکیبات مختلفی تشکیل شده است، اما ترکیب عمده‌ای که گندم را از سایر غلات متمایز می نماید، بخش گلوتن است که دلیل اصلی رفتار و ویسکوالاستیک خمیر و نان حاصل از گندم می‌باشد (Rosell *et al.*, 2003; Cornish *et al.*, 2006). کیفیت نانوایی علاوه بر ساختار ژنتیکی دانه، تحت تأثیر مجموعه‌ای از اثرات خاک، آب، هوا، ذخیره بذر و ترکیبات دانه است (Finney *et al.*, 1987; Silva *et al.*, 2014). شرایط اقلیمی و مدیریت‌های زراعی مانند میزان کود، آلودگی به آفات و عوامل بیماری‌زا، شرایط برداشت، نحوه نگهداری گندم تا زمان تبدیل به آرد، روش تهیه آرد، طرز تهیه خمیر و شرایط پخت نیز بر کیفیت نهایی گندم اثر می‌گذارند (رضایی، ۱۳۷۵). صفات مرتبط با کیفیت به دلیل نیاز به نمونه‌های کوچک جهت ارزیابی، ابزارهای کلیدی در برنامه‌های اصلاحی بوده و امکان غربال کردن تعداد زیادی ژنوتیپ از نظر این صفات وجود دارد. بنابراین هزینه و زمان برنامه‌های اصلاحی به حداقل رسیده و شانس موفقیت افزایش می‌یابد (Cornish *et al.*, 2001; Goutam *et al.*, 2013). پروتئین یکی از فاکتورهای کیفی آرد می‌باشد که بر کیفیت محصول نهایی تاثیر دارد. به طوری‌که میزان مشخصی پروتئین، برای هر فرآورده تهیه شده از آرد گندم مورد نیاز می‌باشد (MacRitchie, 1992). طبق گزارش‌های محققان مختلف از جمله اسکوفیلد و بوت (Schofield and Both, 1983)، میزان و کیفیت پروتئین رابطه مناسبی با کیفیت پخت دارد. همچنین طبق بررسی‌های انجام شده، هر دو فاکتور میزان و کیفیت پروتئین در تعیین کیفیت محصول نهایی موثر می‌باشند (Metho *et al.*, 1999; Garg *et al.*, 2006). ارزیابی کیفیت گندم عبارتست از تعیین خواص شیمیایی، فیزیکی و رئولوژیکی که خواص تغذیه‌ای آرد حاصل برای تهیه نان و ترکیب مواد غذایی با کیفیت را دارا باشد (Uhlen *et al.*, 2004). بهترین روش در بررسی کیفیت نانوایی گندم، تهیه آرد از ژنوتیپ مورد مطالعه و انجام آزمایش استاندارد پخت نان است که البته به صرف وقت و هزینه نسبتا زیادی نیاز دارد. بنابراین، می‌توان از روش‌های غیرمستقیم به منظور ارزیابی صفات مرتبط با کیفیت نانوایی، به عنوان معیارهایی برای تخمین ارزش نانوایی گندم در شناسایی ارقام مطلوب بهره برد. اندازه‌گیری میزان پروتئین، سختی دانه، وزن حجمی (هکتولیتر)، حجم نان، حجم رسوب زلنی، حجم رسوب SDS و همچنین آزمون‌های رئولوژیکی نظیر فارینوگراف برای ارزیابی کیفیت نانوایی ارقام گندم می‌باشند (Bahatt and Derera, 1975; Rahman, 1987; USA, 1995). مطالعات بسیاری در رابطه با ارزیابی پارامترهای مختلف مربوط به کیفیت نانوایی انجام شده است (Bushuk, 1985; Branlard and Dardevet, 1985; Khatkar *et al.*, 2002a; Khatkar *et al.*, 2002b; Cuniberti *et al.*, 2003; Park et al., 2006). اولین کار در این زمینه توسط فینی و بارمور (Finney and Barmore, 1948) گزارش شد که حجم قرص نان در ارقام گندم سخت زمستانه و بهاره مربوط به مقدار پروتئین می‌باشد. سپس فینی و یامازاکی (Finney and Yamazaki, 1967) و فینی (Finney, 1984) بیان کردند که بسیاری از

خصوصیات مربوط به کیفیت نان توسط کمیت و کیفیت پروتئین تحت تاثیر قرار می‌گیرند. فولر و همکاران (Fowler *et al.*, 1990) در بررسی روابط میان صفات مرتبط با ارزش نانوایی گندم، سرعت تکامل خمیر را به همراه میزان پروتئین و سختی دانه، به عنوان سه متغیر اصلی در پیش‌بینی خواص کیفی نان معرفی نمودند. این پژوهش‌گران تغییرات درصد پروتئین را به عنوان عامل توجیه کننده بخش زیادی از تنوع حجم نان گزارش کردند. گوپتا و پالمر (Gupta and Palmer, 1994) اظهار داشتند که۲۰ درصد تنوع در خواص کیفی نان با میزان پروتئین قابل توجیه می باشد. GGE بای‌پلات یک روش چند وجهی و یک ابزار قوی و جامع در تجزیه ژنتیک کمی و اصلاح نباتات می‌باشد. علاوه بر تجزیه GEI (اثر متقابل ژنوتیپ و محیط)، GGE بای‌پلات اثر متقابل ژنوتیپ در صفت، ژنوتیپ در مارکر و داده‌های مربوط به تلاقی دی‌آلل را تجزیه می‌کند (Yan *et al.*, 2000; Yan, 2001; Yan and Kang, 2003). گزارش‌های مشابهی نشان داد که بای‌پلات‌های ژنوتیپ در صفت یک ابزار عالی برای مشاهده اطلاعات ژنوتیپ به‌وسیله و آشکار شدن روابط متقابل میان صفات است (Egesi *et al.*, 2007; Yan and Fregeau-Reid, 2008; Fernandez-Aparicio *et al.*, 2009; Peterson *et al.*, 2005). همچنین بای‌پلات ژنوتیپ در صفت ابزاری برای مقایسه بصری بین ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات متعدد می‌باشد (Lee *et al.*, 2002; Yan and Rajcan, 2002; Ma *et al.*, 2004; Rubio *et al.*, 2004; Yan and Fregeau-Reid, 2008). با توجه به آن‌چه در مقدمه عنوان شد، این پژوهش به منظور ارزیابی صفات کیفی مرتبط با ارزش نانوایی لاین‌های مختلف گندم، معرفی ارقام با کیفیت برتر و تعیین مهم‌ترین شاخص‌های کیفی با بیشترین سهم در خواص نانوایی گندم طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش، ۳۰ لاین نوترکیب حاصل از تلاقی دو واریتهٔ هگزاپلوئید خالص بهاره و نیمه پاکوتاه گندم به نام‌های Seri M82 و Babax در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک زابل در قالب طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با دو تکرار کشت شدند. هر لاین در شش ردیف، با طول ۳ متر و فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها کشت شد. در طول فصل رشد مراقبت‌های زراعی لازم شامل مصرف کود سرک، وجین علف‌های هرز و کنترل آفات و بیماری‌ها به طور مطلوب انجام گرفت. در زمان برداشت از هر کرت آزمایشی دو کیلوگرم بذر به‌صورت تصادفی برداشت و پس از سه ماه نگهداری در انبار، صفات کمی آن‌ها شامل وزن هزاردانه و وزن هکتولیتر و پس از آسیاب کردن نمونه ها، صفات کیفی شامل میزان پروتئین، درصد رطوبت، درصد ماده خشک، شاخص گلوتن، میزان گلوتن مرطوب و خشک، درصد خاکستر، درصد چربی، بر اساس استانداردهای انجمن بین المللی علوم و تکنولوژی غلات اندازه‌گیری شدند. برای ارزیابی رفتار رئولوژیکی خمیر حاصله از گندم از دستگاه فارینوگراف برابندر (طبق استاندارد ۱۰-۵۴) استفاده گردید. از منحنی فارینوگرام حاصله، درصد جذب آب، زمان مخلوط شدن خمیر، زمان توسعه و تکامل خمیر، مقاومت به کشش، زمان شل شدن خمیر پس از ۱۰ و ۱۲ دقیقه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری گلوتن از ۱۰ گرم آرد بدون سبوس، پس از شستشوی نشاسته با دستگاه گلوتن شور و سانتریفیوژ کردن گلوتن در ۶۰۰۰ دور در دقیقه و بر مبنای عبور گلوتن از روی تور به پشت تور، مقدار گلوتن مرطوب، گلوتن خشک، شاخص گلوتن و خاصیت الاستیسیته آن به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری صفات مرتبط با فارینوگراف، از ۳۰۰ گرم آرد تهیه شده با آسیاب غلطکی و دستگاه

فارینوگراف برابندر استفاده و منحنی‌های مرتبط جهت بررسی خصوصیات رئولوژیکی خمیر ترسیم شدند.
تجزیه تحلیل آماری: ابتدا با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس تجزیه واریانس و مقایسه میانگین کلیه صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. به منظور توجیه روابط داخلی میان صفات و شناخت عوامل پنهانی و تفسیر بهتر روابط، از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت (SAS institute, 2008). در ترسیم نمودارهای بای‌پلات مولفه‌های اصلی از نرم افزار GGE biplot استفاده شد (Yan and Fregeau-Reid, 2008; Yan, 2001).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ۱۸ صفت اندازگیری شده برای صفات مختلف نشان داد که لاین‌های مورد ارزیابی از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری داشتند که این نشان‌دهنده بالا بودن میزان اختلاف ژنتیکی بین لاین های مورد بررسی می‌باشد (جدول ۱). ضریب تغییرات کلیه صفات مورد بررسی از ۰/۱۶ تا ۹/۲۳ نوسان داشت. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود صفات درصد چربی، گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن از بالاترین ضریب تغییرات و صفت درصد ماده خشک از کمترین ضریب تغییرات برخودار بودند. ضریب تشخیص صفات نیز در دامنه ۶۶/ ۰تا ۰/۹۹ درصد قرار داشت، بیشترین ضریب تشخیص مربوط به آزمایش‌های رئولوژیکی گندم و کمترین آن مربوط به درصد پروتئین بود (جدول ۱). با توجه به بالا بودن ضریب تشخیص استنباط گردید که بیشترین تغییرات مربوط به صفات، توسط داده‌های فوق توجیه شده است. مقایسه میانگین صفات نشان داد که وزن هزاردانه لاین‌های گندم نان مورد بررسی در دامنه ۳۵ تا ۴۳/۶ بود که بیشترین و کمترین آن، به ترتیب به لاین‌های ۱۳ و ۲۳ تعلق داشت (جدول ۲). ایرانی و زرگران (۱۳۸۴) نیز در بررسی ارزش تکنولوژیکی ارقام گندم شاخص ایران، وزن هزار دانه ارقام مورد بررسی را ۴۲-۳۶ گرم گزارش کردند. بالا بودن وزن هکتولیتر در گندم باعث بازدهی آرد بیشتر می‌شود. هر چه وزن هکتولیتر کمتر باشد نشان‌دهنده‌ی چروکیده بودن گندم و پایین بودن بازدهی آرد است. وزن هکتولیتر لاین‌های گندم نیز بین ۸۳ تا ۷۶/۸ کیلوگرم قرار داشت. بیشترین وزن هکتولیتر مربوط به لاین ۵ و ۶ و کمترین آن متعلق به لاین ۲۸ بود (جدول ۲). اختلاف معنی‌دار بین وزن هزار دانه و هکتولیتر ممکن است به اختلافات ترکیب ژنتیکی واریته مربوط باشد. اگرچه این اختلافات تا اندازه‌ای به شرایط محیطی و رشد گیاه نیز نسبت داده می‌شود که در طول دوره رشد غالبیت می‌یابد (Farooq *et al.*, 2001; Randhawa *et al*, 2002). با توجه به این‌که تمام لاین های مورد مطالعه از یک والد و در یک منطقه کشت شده‌اند، می توان نتیجه گرفت که اختلاف در ویژگی های مذکور بیشتر ناشی از اثر ژنتیکی باشد. ترکیبات غلات ممکن است از نوسانات قابل ملاحظه‌ای برخوردار باشند که بستگی به نوع رقم، شرایط آب و هوایی و محیط کشت و برداشت دارد (غیوراصلی و همکاران، ۱۳۸۷). آرد ارقام مختلف گندم از نظر خصوصیات شیمیایی با یکدیگر متفاوت هستند. در مورد میزان خاکستر همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، بیشترین خاکستر مربوط به لاین‌های ۱۸، ۲۸ و ۲۳ و کمترین مربوط به لاین‌های ۸، ۱۵ و ۲۲ بود. از نظر درصد رطوبت اختلاف بسیار معنی‌داری بین لاین‌های مورد بررسی وجود داشت به طوری‌که بیشترین درصد رطوبت مربوط به لاین‌های ۹ و ۱۸ و کمترین آن به لاین‌های ۳، ۷ و ۴ تعلق داشت. همچنین از نظر ماده خشک لاین‌های ۴ و ۷ بیشترین درصد را به خود

اختصاص دادند (جدول۲). رطوبت موجود در گندم یکی از عوامل مهم درکیفیت آن است، زیرا مقدار مواد خشک دانه بستگی به مقدار رطوبت دارد. بسیاری از محققین مقدار عدد فالینگ را دارای رابطه عکس با درصد رطوبت دانه می‌دانند. در موردلاین‌های آزمایش شده در این تحقیق نیز این مسئله به چشم خورد. مقایسه درصد چربی لاین‌های مورد ارزیابی نشان داد که بیشترین مقدار چربی مربوط به لاین‌های ۵، ۳ و ۸ و کمترین آن متعلق به لاین ۲۳ بود (جدول ۲). اختلافات معنی‌دار در مقادیر درصد رطوبت، خاکستر و چربی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این مطالعه، مربوط به اثر لاین بود که با نتایج رانداوا و همکاران (Randhawa *et al.*, 2002) مطابقت داشت. مقایسه میانگین صفات نشان داد که میزان پروتئین لاین‌ها با یکدیگر تفاوت داشتند. میزان پروتئین لاین‌های مورد مطالعه بین ۱۰/۷– ۱۳/۳ درصد متغیر است (جدول ۲) که با ارقام معمولی گندم مورد استفاده برای تولید نان در کشورهای اروپایی و گندم سخت زمستانه در آمریکا، کانادا و آرژانتین با پروتئین ۱۰–۱۳ درصد شباهت دارند (رجب زاده، ۱۳۸۱). احمدی گاولیقی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در تحقیق خود میزان پروتئین ارقام گندم مورد بررسی را در دامنه ۸ – ۱۱ درصد گزارش کردند. اختلاف پروتئین دانه لاین‌های گندم مورد بررسی در این تحقیق نشان-دهنده تنوع ژنتیکی بالا و اختلاف در صفات مرتبط بود که با نتایج اکبری راد و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت. لاین ۲۲ با ۱۳/۳ درصد و لاین‌های ۲، ۲۰ و ۲۱ با ۷/۸–۱۰/۱۰ درصد به ترتیب بیشترین تا کمترین میزان پروتئین را داشتند (جدول۲). گزارش شده است که بیشتر بودن میزان پروتئین آرد، باعث افزایش قابلیت کشش خمیر حاصله می‌شود و ۲۰ درصد از تغییرات مربوط به خواص کیفی نان با میزان پروتئین قابل توجیه است (Gupta *et al.*, 1996). طبق گزارش‌های فولر و دلاروچی، میزان پروتئین به عنوان متغیری در پیش‌بینی کیفیت نانوائی استفاده می‌شود، و اثر میزان پروتئین بر خواص کیفی شامل عدد والوریمتری حجم نان و شاخص مقاومت فارینوگراف (ثبات و پایداری خمیر در مقابل شل شدن خمیر) قابل توجه می‌باشد (Fowler and Delaroche, 1975; Carson and Edwards, 2009). نتایج آزمایش‌های ارقام گندم ایران نشان داده است که با وجود بالا بودن نسبی مقدار پروتئین برخی واریته‌ها، کیفیت پخت آنها ضعیف بوده است (اکبری راد و همکاران، ۱۳۸۹). قمری و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که مقدار پروتئین شاخص خوبی برای تفکیک ارقام گندم برای قوت و ضعف کیفیت نانوایی آن‌ها نمی‌باشد چرا که ارقامی هستند که با وجود داشتن مقدار پروتئین کم کیفیت خوبی دارند و برعکس، برخی ارقام علی‌رغم پروتئین بالا، جزو دسته با کیفیت ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند. کیفیت گندم تابع عوامل مختلفی است که از جمله آن‌ها کمیت و کیفیت پروتئین دانه است. بوشاک و همکاران اظهار داشتند که نقش کیفیت پروتئین در خاصیت نانوایی به مراتب بیشتر از مقدار آن است (Bushuk *et al.*, 1969). شاخص مؤثر در کیفیت نانوایی یعنی گلوتن در حالت طبیعی و ایده آل در ارقام مختلف گندم بین ۸۶–۶۰ متغیر است (رجب زاده، ۱۳۸۱). این شاخص در لاین‌های مورد بررسی بین ۸۴–۱۹ متغیر بود (جدول ۲). پایین بودن ایندکس گلوتن، نشان‌دهنده ضعیف بودن گلوتن برای صنایع پخت است (Kleijer and Schwaerzel, 2006). گلوتن با مقدار ایندکس پایین دارای خاصیت کشسانی بالا اما فاقد مقاومت به کشش می‌باشد که این مساله باعث کاهش قدرت نگهداری گاز در حین تشکیل خمیر می‌باشد (Kleijer and Schwaerzel, 2007; 2006; Mader *et al.*,). لاین‌های ۱۶ و ۱۰ (به‌ترتیب، ۸۳/۳، ۷۶/۸) دارای بیشترین و لاین‌های ۲۱ و ۲۸ (به-ترتیب، ۱۹/۳، ۲۹/۶) کمترین شاخص گلوتن را داشتند (جدول ۲). گزارش شده است که تفاوت در خواص نانوائی ارقام مختلف را می‌توان به تنوع در کیفیت

گلوتن مرتبط دانست (Rao *et al.*, 1993; Wieser and Zimmermann, 2000). بر طبق آزمون مقایسه میانگین ها، میزان گلوتن مرطوب در محدوده ۳۵/۰-۱۸/۸ درصد و میزان گلوتن خشک در محدوده ۱/۱-۱/۷ درصد متغیر است. بالاترین درصد گلوتن مرطوب و خشک مربوط به لاین ۲۶ و کمترین آن مربوط به لاین ۱۰ بود. لاین ۲۶ که مقدار پروتئین بالایی (۱۳٪۱) داشت، مقدار گلوتن مرطوب بالا (۳۵٪۰) و همچنین بالاترین مقدار گلوتن خشک (۱/۷٪) را هم دارا بود (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد که بالا بودن میزان گلوتن مرطوب، نشان‌دهنده قوت بیشتر آن نیست. در این تحقیق لاین ۱۰، علی رغم پایین بودن گلوتن مرطوب آن، شاخص گلوتن بالا داشت و همچنین لاین ۲۶ با وجود بالا بودن گلوتن مرطوب، شاخص گلوتن پایینی داشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان گلوتن مرطوب، تقریبا شاخص خوبی برای تعیین قوت گلوتن گندم نمی‌باشد. درصد جذب آب مقدار آبی است که برای تهیه خمیر از آرد گندم مصرف می‌شود. هر چه آرد، آب بیشتری جذب نماید یعنی بازدهی آرد بالاتر و خمیر تولید شده بهتر" ور "می‌آید و کیفیت نان تولیدی بالاتر است. بر اساس جدول ۲، لاین ۲۶ که دارای میزان پروتئین بالایی بود کمترین میزان جذب آب را داشت. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که پائین بودن جذب آب لاین مذکور به عاملی دیگری غیر از پروتئین مرتبط باشد. لاین ۷ نیز میزان جذب آب بالایی را نشان داد. گارسیادیمورال و همکاران (Garcia del Moral *et al.*, 1995)، عنوان کردند که افزایش وزن هزار دانه موجب کاهش درصد پروتئین در واحد حجم می‌شود. بین وزن هزاردانه و قابلیت آسیاب رابطه مستقیم وجود دارد، یعنی هر چه وزن هزار دانه بیشتر باشد آرد بیشتری استخراج می‌شود که این خود متعاقبا باعث افزایش جذب آب می‌شود. در این پژوهش با افزایش میزان پروتئین، میزان جذب آب کاهش یافت. افزایش جذب آب آرد، موجب می‌شود تا شبکه گلوتنی هر چه منظم‌تر تشکیل شود و ساختارمناسب‌تری قبل از پخت نان به‌دست آورد. افزایش جذب آب فارینوگراف، سبب افزایش زمان نگهداری محصول و وزن نان، بهبود قابلیت پهن کردن خمیر، کاهش از دست رفتن رطوبت فرآورده حین پخت و بهبود جزئی طعم نان می‌شود. آب جذب شده، در طول فرآیند پخت، سبب ایجاد بافت مرطوب در نان تازه می‌شود و آزاد شدن آن در طول دوره نگهداری نان سبب کاهش سفتی و شکنندگی بافت نان حاصل می‌گردد (Abdel-Aal *et al.*, 2002).

طبق نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های رئولوژیکی، لاین ۱۱ کمترین زمان مخلوط کردن و لاین ۳۰ بیشترین زمان مخلوط کردن را دارا بود (جدول ۲). بیشترین زمان گسترش خمیر به‌ترتیب مربوط به لاین‌های ۳۰، ۷، ۶ و ۱ و کمترین آن به لاین‌های ۱۱، ۲۶ و ۲ تعلق داشت. در اکثر لاین‌ها با افزایش میزان گلوتن، زمان گسترش خمیر طولانی‌تر می‌شود بدین معنی که آرد از قدرت بالاتری برخوردار است و برعکس هرچه میزان گلوتن خمیر کمتر و قدرت پف کردن گلوتن کمتر باشد، به همان اندازه زمان تکامل یا بسط خمیر کوتاه‌تر است. که با نتایج اسکندی و همکارانش مطابقت داشت (Skendi *et al.*, 2010). از سوی دیگر بیشترین زمان پایداری یا مقاومت خمیر که نشان‌دهنده قوت خمیر می‌باشد مربوط به لاین‌های ۱۸ و ۲۱ (عدم تفاوت معنی‌داری با یکدیگر) و سپس لاین ۹ (دارای تفاوت معنی‌داری با سایر لاین‌ها) و کمترین آن به‌ترتیب متعلق به لاین‌های ۱۳، ۲۸، ۵ و ۲۳ بود. همچنین از نظر درجه سست شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه، لاین‌های ۲۳، ۵ و ۲۸ بود بیشترین مقدار را داشتند (جدول ۲). درجه نرم شدن خمیر رابطه مستقیمی با ضعیف بودن آرد دارد. برخی محققین گزارش کردند با افزایش غلظت پلی ساکاریدها در غلات، از جمله گندم

و چاودار، به دلیل جایگزینی مقادیر زیاد از آرابینوز با زایلوز، درجه نرم شدن خمیر نیز کاهش می‌یابد (Li et al., 2005). کوهاجدوا و کارورویکوا (Kohajdova and Karovicova, 2008) و پور اسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) علت کاهش درجه نرم شدن را افزایش پایداری خمیر به واسطه افزودن هیدروکلوئیدها مطرح کردند.

مقایسه میانگین برای صفت مقاومت به کشش نشان داد لاین‌های ۶، ۷، ۹ و ۲۱ بیشترین مقدار را دارا می باشد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در لاین‌های نوترکیب گندم نان

Table 1. Analysis of variance for traits related to baking quality in recombinant lines of bread wheat

Source of variation	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square								
			وزن هزاردانه 1000 grain weight	وزن هکتولیتر Hectoliter weight	درصد رطوبت Humidity (%)	درصد ماده خشک Dry matter (%)	درصد پروتئین Protein content (%)	درصد خاکستر Ash (%)	گلوتن مرطوب Wet gluten	گلوتن خشک Dry gluten	شاخص گلوتن Gluten index
Replication	بلوک	1	$1.39^{n.s}$	$0.00^{n.s}$	0.19^{**}	$0.17^{n.s}$	$0.001^{n.s}$	0.11^{**}	$5.63^{n.s}$	$0.00^{n.s}$	$16.68^{n.s}$
Genotype	ژنوتیپ	29	11.28^{**}	4.06^{*}	0.10^{**}	0.96^{*}	0.97^{*}	0.14^{**}	25.08^{**}	0.55^{**}	50.94^{**}
Error	خطا	29	0.70	1.34	0.02	0.23	0.49	0.01	6.39	0.005	18.41
CV (%)	ضریب تغییرات	-	2.19	1.47	1.78	0.16	5.76	5.20	8.75	5.02	8.56
R^2 (%)	ضریب تبیین	-	0.94	0.75	0.82	0.81	0.66	0.93	0.79	0.92	0.96

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار (۵٪=α)، بسیار معنی‌دار (۱٪=α) و غیر معنی‌دار (n.s)

*, ** and ns: Significant (α= 5%), highly significant (α= 1%) and non-significant, respectively

ادامه جدول ۱

Table 1 (continued)

Source of variation	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square								
			درصد چربی Fat content (%)	درصد جذب آب Water absorption (%)	مخلوط شدن خمیر Mixing dough	زمان توسعه خمیر Dough development time	درجه شل شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه Degree of softening (after 10 min.)	درجه شل شدن خمیر پس از ۲۰ دقیقه Degree of softening (after 20 min.)	سست شدن خمیر Loosening of dough	پایداری یا ثبات خمیر بعد از مخلوط شدن Dough stability (after mixing)	مقاومت به کشش Resistance to extension
Replication	بلوک	1	0.43^{**}	$0.24^{n.s}$	0.04^{*}	0.17^{**}	$1.66^{n.s}$	6.66^{**}	2.81^{**}	$0.12^{n.s}$	$0.00^{n.s}$
Genotype	ژنوتیپ	29	0.08^{**}	40.34^{**}	7.26^{**}	15.97^{**}	633.06^{**}	1007.77^{**}	159.08^{**}	4.31^{**}	38.18^{**}
Error	خطا	29	0.01	0.09	0.005	0.13	0.42	0.18	0.23	0.03	0.05
CV (%)	ضریب تغییرات	-	9.23	0.36	1.79	1.78	4.83	2.01	5.61	1.09	1.28
R^2 (%)	ضریب تبیین	-	0.93	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار (۵٪=α)، بسیار معنی‌دار (۱٪=α) و غیر معنی‌دار (n.s)

*, ** and ns: Significant (α= 5%), highly significant (α= 1%) and non-significant, respectively

جدول ۲- مقایس میانگین ۳۰ لاین نوترکیب گندم نان برای ۱۸ صفت مربوط به کمیت و کیفیت دانه و آرد

Table 2. Means comparison of 30 recombinant lines of bread wheat for 18 traits related to quantity and quality of grain and flour

ژنوتیپ Genotype	وزن هزاردانه (گرم) 1000 grain weight (gr)	وزن هکتولیتر Hectoliter weight	درصد رطوبت Humidity (%)	درصد ماده خشک Dry matter (%)	درصد پروتئین Protein content (%)	درصد خاکستر Ash (%)	گلوتن مرطوب (درصد) Wet gluten (%)	گلوتن خشک (درصد) Dry gluten (%)	شاخص گلوتن (درصد) Gluten index (%)
1	37.9 f-i	78.4 b-e	8.4 b-g	91.5 b-i	12.1 a-d	1.8 d-f	31.3 a-e	1.4 d-g	39.8 g-j
2	40.7 bc	77.5 c-e	8.2 gh	91.7 a-d	10.7 d	2.0 cd	28.1 c-e	1.3 g-k	35.7 h-k
3	36.7 h-n	77.0 de	8.0 h	91.8 ab	11.5 b-d	2.0 cd	29.1 a-e	1.1 mn	42.0 f-j
4	41.2 b-c	78.7 b-e	8.0 h	91.9 a	12.8 a-c	1.6 g-i	32.2 a-c	1.4 d-h	51.1 d-f
5	40.9 bc	83.0 a	8.7 a-e	91.3 g-k	12.3 a-d	2.0 cd	35.0 ab	1.6 a-c	47.8 e-g
6	37.7 g-k	82.5 a	8.4 b-g	91.5 b-k	12.9 ab	1.7 e-g	29.3 a-e	1.3 g-k	50.3 d-f
7	40.8 bc	77.7 c-e	8.0 h	91.9 a	12.8 a-c	2.1 bc	18.8 g	1.4 f-j	66.9 bc
8	35.2 mn	78.9 b-e	8.7 a-d	91.2 g-k	11.8 a-d	1.2 j	28.5 c-e	1.2 k-n	58.9 d
9	39.6 c-f	78.5 b-e	8.8 a	91.1 k	12.1 a-d	1.9 c-f	25.9 d-f	1.6 a-c	70.2 b
10	35.7 j-n	79.5 b-e	8.4 c-g	91.5 b-i	12.6 a-c	2.0 cd	21.2 fg	1.2 i-n	76.8 ab
11	39.5 c-f	78.3 b-e	8.5 a-g	91.5 b-k	12.8 a-c	1.5 hi	27.3 c-e	1.5 b-f	67.1 bc
12	37.1 g-m	78.9 b-e	8.7 a-c	91.2 i-k	11.1 cd	1.7 f-h	25.5 ef	1.3 g-k	68.4 b
13	43.6 a	78.5 b-e	8.7 a-d	91.2 h-k	12.3 a-d	1.9 c-f	23.0 a-d	1.6 ab	29.0 k
14	37.8 f-j	79.0 b-e	8.2 gh	91.7 a-c	11.9 a-d	1.9 c-e	32.1 a-d	1.2 h-m	45.7 f-h
15	42.6 ab	80.0 bc	8.6 a-f	91.3 e-k	12.1 a-d	1.4 ij	29.3 a-e	1.4 d-g	56.0 de
16	40.1 c-e	78.3 b-e	8.4 c-g	91.5 b-i	12.3 a-d	2.1 bc	29.1 a-e	1.4 c-g	83.3 a
17	35.8 j-n	77.5 c-e	8.6 a-f	91.3 f-k	13.0 ab	1.9 c-f	25.6 ef	1.4 f-i	51.0 d-f
18	40.5 cd	79.8 b-d	8.8 a-b	91.1 jk	11.4 b-d	2.3 a	35.1 a	1.5 b-e	38.6 g-k
19	35.7 k-n	78.5 b-e	8.6 a-f	91.3 d-k	11.8 a-d	1.8 d-f	27.4 c-e	1.1 k-n	51.0 d-f
20	38.4 e-h	78.5 b-e	8.7 a-c	91.2 h-k	10.8 d	1.8 d-f	29.8 a-e	1.1 l-n	43.0 f-j
21	39.9 c-e	77.9 b-e	8.4 d-h	91.6 a-g	10.7 d	2.0 cd	30.6 a-e	1.3 g-k	19.3 k
22	36.8 g-n	77.8 c-e	8.6 a-g	91.4 c-k	13.3 a	1.4 ij	28.9 b-e	1.0 n	35.2 i-k
23	35.0 n	77.0 de	8.5 a-g	91.4 c-k	13.0 ab	2.3 ab	28.4 c-e	1.2 j-n	68.7 b
24	35.5 l-n	77.5 c-e	8.3 e-h	91.6 a-f	12.2 a-d	2.0 cd	27.7 c-e	1.3 g-k	71.3 b
25	35.9 i-n	79.3 b-e	8.5 a-g	91.4 c-k	12.3 a-d	1.8 d-f	29.3 a-e	1.4 e-h	48.1 e-g
26	40.7 bc	79 b-e	8.5 a-g	91.5 b-k	13.1 ab	1.9 c-f	34.9 ab	1.7 a	34.8 i-k
27	37.3 g-l	79.4 b-e	8.3 f-h	91.7 a-e	12.1 a-d	1.7 f-h	29.5 a-e	1.3 g-k	42.4 f-j
28	36.1 i-n	76.8 e	8.4 d-h	91.5 b-h	12.0 a-d	2.4 a	26.2 c-f	1.5 b-f	29.6 k
29	36.7 h-n	80.7 ab	8.5 a-g	91.4 c-k	12.3 a-d	1.8 d-f	27.0 c-f	1.5 a-d	44.7 f-i
30	38.7 d-g	79.4 b-e	8.4 c-g	91.5 b-i	12.4 a-d	2.0 cd	30.2 a-e	1.3 g-l	33.2 jk

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column fallowed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan test

افزایش مقاومت به کشش، منجر به بهبود کیفیت خمیر می‌شود و صدمه حاصل عملیات ماشینی بر روی خمیر را کاهش می‌دهد (Sharadanant and Khan, 2003) و به عبارتی دیگر مطابق یافته‌های سایر پژوهش-گران افزایش مقاومت به کشش نشان دهنده افزایش پایداری در خمیر می‌باشد (Lee *et al.*, 2001; Hayakawa *et al.*, 2004).

تجزیه به عامل‌ها

به منظور پیدا کردن علت وجود همبستگی و توصیف رابطه بین ۱۸ صفت مورد مطالعه در ۳۰ لاین نوترکیب گندم بر حسب تعداد کمتری شاخص یا عامل که تأثیرگذار بر روی این صفات هستند، تجزیه به عامل‌ها با استفاده از میانگین صفات و به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام گردید (جدول ۳). در این تجزیه شش عامل اصلی و مستقل ۷۹/۱۴ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمودند. که از این مقدار سهم عوامل اول تا ششم به‌ترتیب ۲۵/۷۶، ۱۵/۸۱، ۱۲/۲۹، ۹/۷۷، ۸/۲۳ و ۷/۲۹ درصد می‌باشد. همان‌طوری‌که در جدول مربوطه دیده می‌شود.

ادامه جدول ۲

Table 2 (continued)

ژنوتیپ Genotype	درصد چربی Fat content (%)	درصد جذب آب Water absorption (%)	مخلوط شدن خمیر Mixing dough	زمان توسعه خمیر Dough development time	مقاومت به کشش Resistance to extension	پایداری یا ثبات خمیر بعد از مخلوط شدن Dough stability (after mixing)	درجه شل شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه Degree of softening (after 10 min.)	درجه شل شدن خمیر پس از ۲۰ دقیقه Degree of softening (after 20 min.)	سست شدن خمیر Loosening of dough
1	1.2 g-j	87.2 d	5.4 e	10.1 d	20.3 d	18.6 de	0.0 i	10.5 g	10.0 d
2	1.2 f-j	84.2 f	2.5 m	3.0 r	19.7 ef	18.4 ef	14.5 f	19.5 e	4.5 f
3	1.8 a	87.7 cd	5.0 f	8.1 i	20.5 d	17.1 h	0.5 i	10.5 g	10.5 d
4	1.5 a-f	88.1 c	5.4 e	3.5 q	19.4 fg	16.4 ij	5.5 h	10.0 g	5.0 f
5	1.8 a	79.2 k	2.4 m	4.1 p	8.9 j	5.4 m	59.0 b	70.5 b	10.5 d
6	1.6 a-c	82.5 h	7.0 c	10.6 c	22.4 a	18.9 cd	0.5 i	5.0 h	5.0 f
7	1.4 c-i	90.5 b	8.1 b	11.6 b	22.3 a	18.4 fg	9.5 e	14.5 f	4.5 f
8	1.8 ab	84.3 f	2.7 l	4.1 p	21.4 c	17.9 g	0.5 i	0.5 i	0.5 f
9	1.4 c-j	83.9 f	4.0 h	9.1 f	22.1 a	19.4 b	0.0 i	10.5 g	10.5 d
10	1.3 d-j	80.4 j	1.9 n	4.7 n	20.1 de	18.1 fg	0.5 i	0.5 i	0.5 f
11	1.5 b-h	80.4 j	0.5 q	1.5 s	19.7 ef	18.4 ef	20.5 e	20.5 d	0.5 f
12	1.5 a-g	85.3 e	4.0 h	9.4 e	17.1 i	15.4 k	0.0 i	5.5 h	4.5 f
13	1.6 a-f	83.3 g	3.7 i	5.5 l	7.9 k	4.2 n	19.5 e	20.5 d	0.5 f
14	1.4 c-i	85.7 e	4.5 g	8.3 gh	18.1 h	16.1 j	0.5 i	0.5 i	0.0 f
15	1.4 c-i	88.1 c	2.5 m	5.0 m	21.0 c	19.0 c	0.5 i	10.5 g	10.5 d
16	1.4 c-i	95.4 a	6.1 d	8.0 i	21.4 bc	18.2 fg	30.5 d	40.5 c	10.5 d
17	1.3 c-j	83.1 gh	3.1 k	7.4 j	18.9 g	16.9 h	10.5 g	20.5 d	10.5 d
18	1.6 a-c	85.6 e	4.4 g	8.4 g	21.9 ab	20.1 a	0.5 i	10.0 g	10.5 d
19	1.3 e-j	90 b	5.1 f	6.7 k	20.0 de	17.1 h	19.5 e	20.0 de	0.5 f
20	1.7 a-c	80.4 j	1.0 p	4.1 p	19.1 fg	16.4 ij	19.5 e	20.5 d	0.0 f
21	1.4 c-j	81.6 i	3.4 j	8.1 hi	22.1 a	20.1 a	10.5 g	0.5 i	10.5 d
22	1.6 a-d	83.2 gh	2.7 l	5.4 l	21.4 bc	18.4 ef	0.0 i	10.5 g	10.5 d
23	1.0 j	80.4 j	2.5 m	4.5 o	8.1 k	5.5 m	60.5 a	80.5 a	20.5 c
24	1.2 h-j	79.1 k	2.8 l	4.2 p	20.1 de	18.1 fg	29.5 d	40.5 c	10.5 d
25	1.4c-i	85.2e	4.0h	9.0f	19.3 fg	16.9h	0.0 i	0.5 i	0.5 f
26	1.3 c-j	75.5 n	1.7 o	3.1 r	19.4 fg	18.1 fg	0.5 i	40.5 c	40.5 a
27	1.6 a-e	78.1 l	2.5 m	4.1 p	20.1 de	18.4 fg	30.5 d	40.0 c	10.5 d
28	1.6 a-f	77.4 m	3.0 k	4.0 p	8.0 k	4.4 n	50.5 c	80.5 a	30.5 b
29	1.6 a-e	87.1 d	3.5 j	5.4 l	20.4 d	17.0 h	0.5 i	10.5 g	10.0 d
30	1.1 ij	90.4 b	8.5 a	12.4 a	20.4 d	13.1 l	10.5 g	15.0 f	5.0 f

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column fallowed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan test

میزان اشتراک اکثر صفات بالاست. این امر نشان می‌دهد که تعداد عامل مورد انتخاب مناسب بوده و عامل‌های منتخب توانسته‌اند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند. به هر صورت با توجه به عامل اشتراک، صفات درصد رطوبت و درصد ماده خشک دارای بیشترین و وزن هزار دانه دارای کمترین دقت برآورد بوده‌اند. اولین عامل با واریانس ۲۵/۷۶ درصد به‌عنوان عامل صفات فارینوگراف تعیین شد (جدول ۳). صفت مقاومت به کشش با مقدار ۰/۸۵۶ بالاترین ضریب عاملی مثبت و معنی‌دار را به‌خود اختصاص داد. پس از آن صفات پایداری یا ثبات خمیر، درصد جذب آب، زمان توسعه خمیر و مخلوط شدن خمیر (به ترتیب با مقادیر ۰/۷۸۱، ۰/۶۴۸، ۰/۵۶۸ و ۰/۵۱۷) دارای ضرایب عاملی با علامت مثبت و صفات درجه شل شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه (به ترتیب ۰/۸۰۴- و ۰/۸۸۱-) در این عامل دارای ضرایب منفی و معنی‌دار بودند.

عامل دوم با واریانس ۱۵/۸۱ درصد شامل صفات درصد ماده خشک (۰/۷۲۵) و درصد خاکستر (۰/۵۳۰) با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار و صفات درصد رطوبت (۰/۱۷۲-)، وزن هکتولیتر (۰/۷۵۴-) و درصد چربی (۰/۵۰۶-) با ضرایب عاملی منفی و معنی‌دار بودند که به عنوان عامل صفات کیفی نامگذاری گردید. عامل سوم با واریانس ۱۲/۲۹ درصد، صفات وزن هزاردانه، مخلوط شدن خمیر و گلوتن خشک که ضرایب عاملی مثبت داشتند را شامل گردید. در تبیین عامل چهارم صفات درصد رطوبت و درصد ماده خشک به‌ترتیب با ضریب عاملی مثبت و منفی سهیم بودند. عامل پنجم با واریانس ۸/۲۳ به همراه عامل ششم واریانس ۷/۲۹ درصد در مجموع ۱۵/۵۲ درصد از تغییرات داده‌های اولیه را توجیه کردند. عامل پنجم و ششم به‌ترتیب به عنوان عامل میزان پروتئین و عامل میزان چربی، دارای ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار بودند. اکبری راد و همکاران (۱۳۸۹) در ارزیابی صفات مرتبط با کیفیت نانوایی گزارش کردند که سه عامل پنهانی توانست ۹۷ درصد از تنوع داده‌های صفات آن‌ها را توجیه نماید، که عامل اول با واریانس ۷۹ درصد صفات فارینوگراف، عامل دوم با واریانس ۱۷ درصد، میزان پروتئین، حجم نان و حجم رسوب زلنی وعامل سوم با واریانس ۱/۷۵ درصد، صفاتی مانند شاخص گلوتن وحجم رسوب با SDS را شامل شدند.

تجزیه بای‌پلات

ارزیابی صفات در بین لاین‌های مورد مطالعه: در بررسی نمودارهای حاصل از تجزیه بای‌پلات، چهار گروه صفات مهم مشخص گردید. اولین گروه شامل صفات درصد ماده خشک و زمان توسعه خمیر بودند که درآن‌ها لاین ۳۰ برتر بود. در گروه دوم صفات مقاومت به کشش و پایداری یا ثبات خمیر قرار گرفتند که لاین ۹ از نظر این صفات برتر بود. سومین گروه شامل صفات شاخص گلوتن و درصد جذب آب و چهارمین گروه شامل صفت وزن هکتولیتر بودند که در آن‌ها به‌ترتیب لاین‌های ۱۶ و ۶ برتر بودند (شکل ۱).

متوسط پرفورمنس ژنوتیپ‌های مورد مطالعه: شکل ۲، متوسط پرفورمنس ژنوتیپ‌ها که با میانگین تعریف شده، به‌وسیله PC1 و PC2 بر طبق کلیه صفات را نشان می‌دهد. خطی که دارای دو سر پیکان بوده و عمود بر خط دیگر است میانگین بوده و ژنوتیپ های کمتر و بیشتر از میانگین را نشان می‌دهند. ارتفاع خطوط ژنوتیپ‌ها از خط مورد نظر با دو سر پیکان نشان‌دهنده‌ی مقدار میانگین هر ژنوتیپ می‌باشد. با توجه به نمودار مربوطه، لاین ۱۶ بیشترین مقدار میانگین را دارا است و بعد از آن لاین‌های ۷ و ۹ قرار دارند.

جدول ۳- تجزیه به عامل ها برای صفات کیفی لاین‌های نوترکیب گندم نان

Table 3. Factor analysis for studied quality traits of recombinant lines of bread wheat

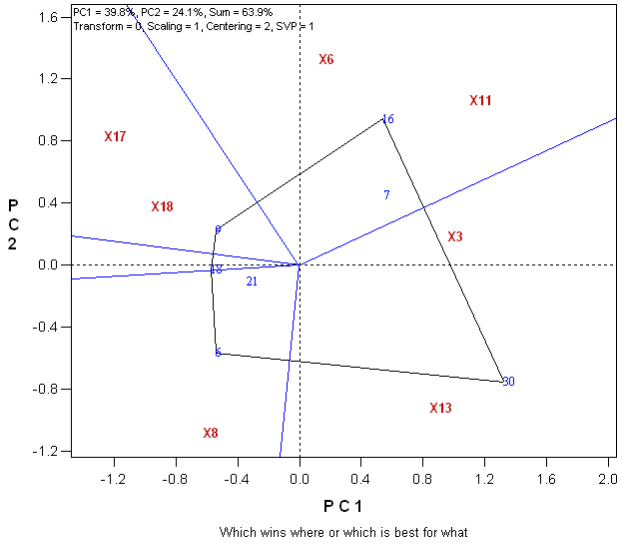
	ضرایب عاملی Factors loading						
صفات Traits	مولفه اول Factor 1	مولفه دوم Factor 2	مولفه سوم Factor 3	مولفه چهارم Factor 4	مولفه پنجم Factor 5	مولفه ششم Factor 6	اشتراک میزان Communality
وزن هزاردانه (گرم) 1000 grain weight (gr)	-0.036	-0.261	0.640*	-0.230	0.203	-0.019	0.574
وزن هکتولیتر Hectoliter weight	0.035	-0.547*	0.335	0.139	0.292	0.381	0.644
درصد رطوبت Humidity (%)	-0.211	-0.721*	-0.100	0.571*	-0.027	-0.276	0.980
درصد ماده خشک Dry matter (%)	0.206	0.725*	0.100	-0.568*	0.052	0.270	0.977
درصد پروتئین Protein content (%)	-0.118	0.200	-0.058	0.051	0.790*	0.214	0.731
درصد خاکستر Ash (%)	-0.373	0.530*	0.384	0.202	-0.249	-0.325	0.777
گلوتن مرطوب (درصد) Wet gluten (%)	-0.298	-0.458	0.492	-0.305	-0.127	0.009	0.651
گلوتن خشک (درصد) Dry gluten (%)	-0.396	-0.234	0.511*	-0.044	0.485	-0.270	0.784
شاخص گلوتن (درصد) Gluten index (%)	0.174	0.198	-0.441	0.461	0.482	0.119	0.724
درصد چربی Fat content (%)	-0.315	-0.506*	0.095	-0.191	-0.182	0.566*	0.658
درصد جذب آب Water absorption (%)	0.648*	0.218	0.359	0.313	-0.009	0.130	0.721
مخلوط شدن خمیر Mixing dough	0.517*	0.425	0.608*	0.279	0.020	0.156	0.921
زمان توسعه خمیر Dough development time	0.568*	0.221	0.486	0.451	-0.105	-0.117	0.837
درجه شل شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه Degree of softening (after 10 min.)	-0.804*	0.313	-0.049	0.189	-0.085	0.225	0.842
درجه شل شدن خمیر پس از ۲۰ دقیقه Degree of softening (after 20 min.)	-0.881*	0.323	-0.000	0.083	0.085	0.052	0.898
سست شدن خمیر Loosening of dough	-0.579	0.191	0.144	-0.285	0.261	-0.433	0.730
پایداری یا ثبات خمیر بعد از مخلوط شدن Dough stability (after mixing)	0.781*	-0.142	-0.199	-0.303	0.163	-0.316	0.89
مقاومت به کشش Resistance to extension	0.856*	-0.093	-0.010	-0.228	0.153	-0.239	0.886
مقادیر ویژه Eigen values	4.636	2.845	2.211	1.759	1.480	1.311	
درصد واریانس نسبی Proportional variance (%)	25.76	15.81	12.29	9.77	8.23	7.29	
درصد واریانس تجمعی Cumulative variance (%)	25.76	41.57	53.85	63.63	71.85	79.14	

* ضرایب معنی‌دار (ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵۰ صرفنظر از علامت)

* Significant coefficients (Factor coefficient greater than 0.5 regardless of the sign)

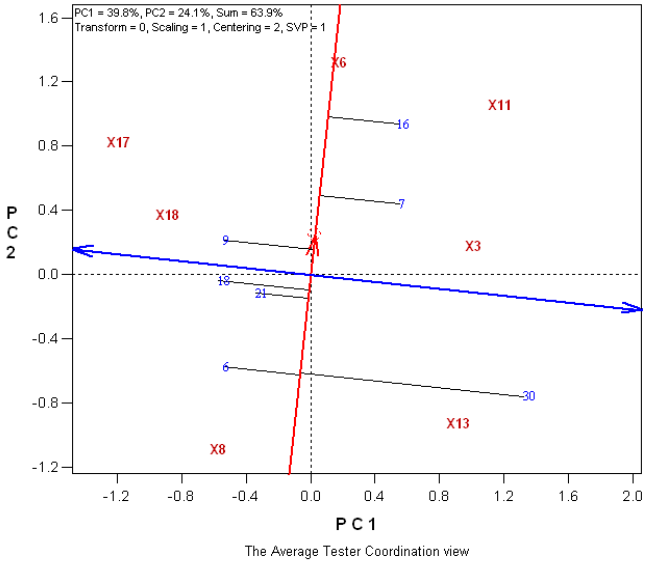
شناسایی ژنوتیپ ایده‌آل در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به صفات مورد مطالعه: ژنوتیپ ایده آل، ژنوتیپ فرضی است که دارای بیشترین عملکرد بوده و از نظر مکانی در مرکز دوایر متحدالمرکز بای‌پلات قرار دارد. میزان مطلوبیت ژنوتیپ ها به فاصله آن‌ها از ژنوتیپ مطلوب بستگی دارد. بر اساس میانگین تعریف شده به‌وسیله PC1 و PC2 ژنوتیپ‌ها رتبه‌بندی می‌شوند. لاین ۱۶ نزدیک‌ترین لاین به ژنوتیپ ایده‌آل بود که بیشترین عملکرد را داشته و به علت قرار گرفتن روی محور میانگین دارای بیشترین پایداری نیز بود. دو لاین ۷ و ۹ نیز به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک بوده و می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب گزینش شوند (شکل ۳).

ارتباط بین ژنوتیپ‌های گندم نان نسبت به صفات: شکل ۴ میزان شباهت و تفاوت لاین‌های نوترکیب را نشان می‌دهد که بر این اساس لاین‌های ۱۸، ۲۱ و ۶ بیشترین شباهت را داشتند. همچنین لاین‌های ۱۶ و ۷ نیز بهم شبیه بودند. لاین ۶ با لاین ۱۶ تفاوت نشان داد.



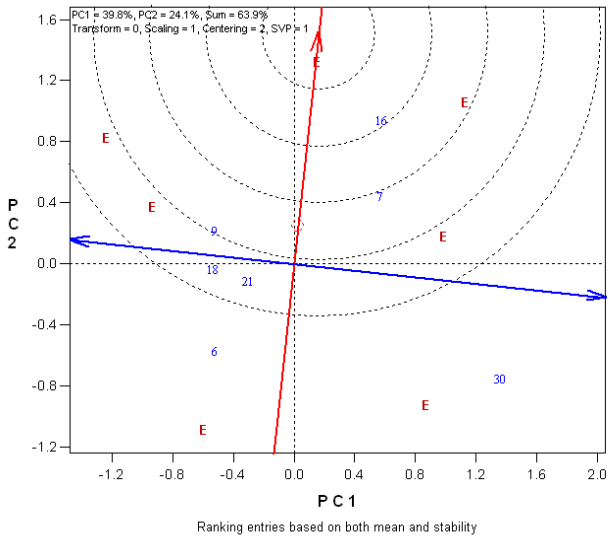
شکل ۱- بای‌پلات ژنوتیپ × صفت برای تعیین ژنوتیپ‌های برتر در بین صفات (X_3: درصد ماده خشک، X_6: شاخص گلوتن، X_8: وزن هکتولیتر، X_{11}: درصد جذب آب، X_{13}: زمان توسعه خمیر، X_{17}: پایداری یا ثبات خمیر، X_{18}: مقاومت به کشش)

Figure 1. Genotype by trait (GT) biplot to determine superior genotypes among traits (X_1: Dry matter (%), X_6: Gluten index, X_8: Hectoliter weight, X_{11}: Water absorption (%), X_{13}: Dough development time, X_{17}: Dough stability, X_{18}: Resistance to extension)



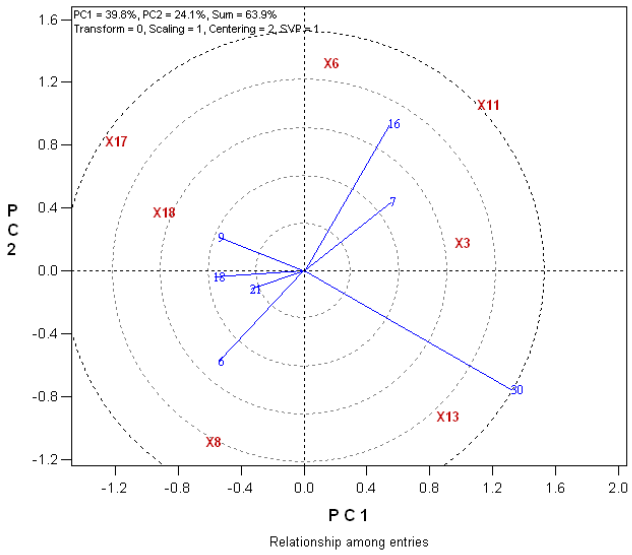
شکل ۲- رتبه بندی لاین ها بر اساس میانگین پرفورمنس برای تمامی صفات

Figure 2. Ranking lines based on the average performance for all traits



شکل ۳- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس ژنوتیپ ایده‌آل در بین لاین‌های نوترکیب گندم با استفاده از تجزیه بای پلات

Figure 3. Ranking the genotypes based on ideal genotypes among wheat recombinant inbred lines using GGE biplot analysis



شکل ٤- ارتباط بین ژنوتیپ‌های گندم نان نسبت به صفات با استفاده از تجزیه بای‌پلات

Figure 4. The relationship between genotypes of bread wheat than traits based on the GGE biplot analysis

ارتباط بین صفات در لاین‌های نوترکیب گندم:

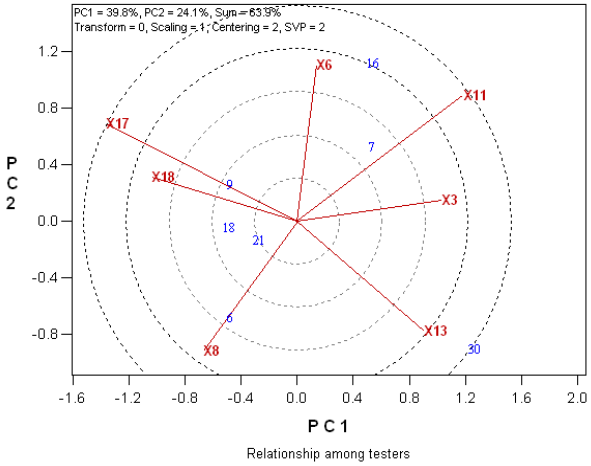
همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است صفات پایداری یا ثبات خمیر و مقاومت به کشش با هم رابطه مثبت دارند. ولی صفات وزن هکتولیتر و درصد جذب آب با هم رابطه منفی دارند. صفت درصد ماده خشک با درصد جذب آب نیز به طور مثبت در ارتباط است. همچنین بین صفت زمان توسعه خمیر با مقاومت به کشش رابطه منفی مشاهده شد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این بررسی می‌توان گفت که: کلیه لاین‌ها از نظر صفات مورد بررسی تفاوت‌های معنی‌داری دارند. بنابراین با توجه به تفاوت های موجود امکان گزینش برای صفات مورد بررسی وجود دارد. بالاترین ضریب تغییرات متعلق به صفات درصد چربی، گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن بود که می‌تواند توسط به‌نژادگر مورد استفاده قرار گیرد. بیشترین ضریب تشخیص نیز مربوط به آزمایش‌های رئولوژیکی گندم بود. طبق نتایج فارینوگراف، لاین‌های ۳۰، ۹، ۷، و ۱۶ دارای کیفیت بهتری نسبت به سایر لاین‌ها بود. نتایج بر اساس کلیه فاکتورهای ارزیابی شده نشان داد لاین ۱۶ بهترین کیفیت را نسبت به سایر لاین‌ها داشت. تجزیه عامل‌ها شش عامل را استخراج کرد که ۷۹/۱۴ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. با توجه به ضرایب بار عاملی در تمایز اولیه و ثانویه در کل جامعه بر مبنای سه مؤلفه غالب، صفات فارینوگراف شامل پایداری یا ثبات خمیر، درصد جذب آب، زمان توسعه خمیر و مخلوط شدن خمیر در تنوع اولیه و صفات کیفی شامل درصد ماده خشک، درصد خاکستر و درصد گلوتن خشک و صفت کمی وزن هزار دانه سهم قابل توجهی را در تنوع ثانویه داشتند. بنابراین افزایش عامل‌های اول، دوم و سوم منجر به بهبود ارزش نانوایی خواهد شد.

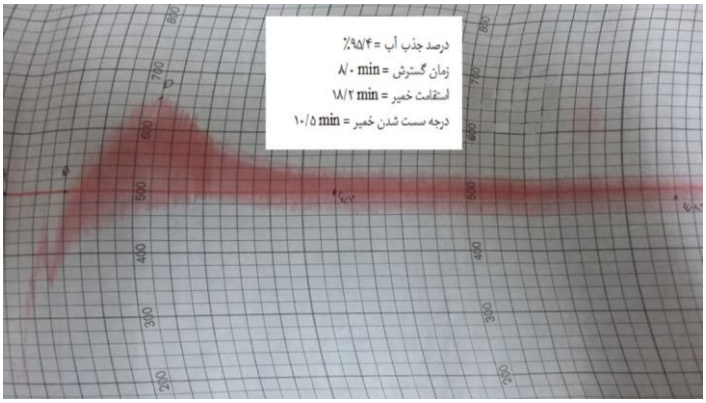
تجزیه بای‌پلات نشان داد که صفات زمان گسترش خمیر، درصد ماده خشک، مقاومت به کشش، پایداری یا ثبات خمیر، شاخص گلوتن، درصد جذب آب و وزن هکتولیتر به عنوان مولفه اول برای ژنوتیپ برتر بودند. صفات پایداری یا ثبات خمیر با مقاومت به کشش و درصد ماده خشک با درصد جذب آب نیز رابطه مثبتی

را نشان دادند. از بین لاین‌های نوترکیب گندم نان مورد بررسی، لاین ۱۶ نزدیکترین لاین به ژنوتیپ ایده‌آل بود و بیشترین عملکرد را نشان داد. بنابراین از این ژنوتیپ می‌توان در برنامه‌های اصلاحی آینده استفاده کرد.



شکل ۵- ارتباط بین صفات در لاین‌های نوترکیب گندم با استفاده از تجزیه بای‌پلات

Figure 5. The relationship between traits in wheat recombinant inbred lines using GGE biplot



شکل ٦- فارینوگراف لاین ١٦ گندم نان

Figure 6. Farinograph line 16 bread wheat

فهرست منابع References

احمدی گاولیقی، ح.، سحری، م. ع.، عزیزی تبریز زاد، م. ح. و رشمه کریم، ک. ۱۳۸۳. مقدار پروتئین و ارزش تکنولوژیکی ارقام شاخص گندم در ایران. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. جلد ۱، شماره ۲: ۷-۱.

اکبری راد، م.، نجفیان، گ.، اسماعیل زاده مقدم، م. و خدارحمی، م. ۱۳۸۹. ارزیابی تنوع ژنتیکی برای خصوصیات مرتبط با کیفیت نانوایی در ارقام تجاری و لاین‌های امیدبخش گندم نان. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۲، شماره ۲: ۲۲۶-۲۱۳.

ایرانی، پ. و زرگران، م. ١٣٨٤. بررسی، تعیین ترکیبات آرد و فرمولاسیون مناسب خمیر برای تولید نان‌های مسطح. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۶، شماره ۲۵: ۳۰-۱۵.

پوراسماعیلی، ن.، عزیزی، م. ح.، عباسی، س. و محمدی، م. ۱۳۹۰. فرمولاسیون نان بدون گلوتن با استفاده از گوآر و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی. جلد ۲۱، شماره ۱: ۸۱-۶۹.

رجب زاده، ن. ۱۳۸۱. اصول تکنولوژی غلات. انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۲۸ -۲۲.

رضایی، ع. ۱۳۷۵. رابطه بین کیفیت آرد و زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۷، شماره ۱: ۲۱-۱۱.

غیوراصلی، م. ع.، حداد خداپرست، م. ح. و کریمی، م. ۱۳۸۷. تاثیر آنزیم آلفا آمیلاز و اسید اسکوربیک بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و حجم مخصوص نان اشترودل. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. جلد ۴، شماره ۲: ۵۵-۴۷.

قمری، م.، پیغمبردوست، س، ه. و رشمه کریم، کاووس. ۱۳۸۸. کاربرد عدد کیفی فارینوگراف در بررسی کیفیت نانوایی گندم. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. جلد ۶، شماره ۲۱: ۳۳-۲۳.

Abdel-Aal, E. S., Hucl, P., Chibbar, R., Han, H., and Demeke, T. 2002. Physicochemical and structural characteristics of flours and starches from waxy and nonwaxy wheats. *Cereal chemistry*, 79 (3): 458-64.

American association of cereal chemists, USA. 1995. Sodium dodecyle sulfate sedimentation test for durum wheat AACC method, AACC Inc., Paul, Min., USA.

Bahatt, G. M., and Derera, N. F. 1975. Genotype × environment interactions for hertabilities and correlations among quality traits in wheat, *Euphytica*, 24: 597-604.

Branlard, G., and Dardevet, M. 1985. Diversity of grain proteins and bread wheat quality I. Correlation between gliadin bands and flour quality characteristics. *Journal of Cereal Science***,** 3: 329-343.

Bushuk, W., 1985. Flour proteins: Structure and functionality in dough and bread. *Cereal Foods World*, 30: 447-451.

Bushuk, W., Briggs, K. G., and Shebeski, L. H. 1969. Protein quality and quantity as factorsin the evaluation of bread wheats. *Canadian Journal of Plant Science***,** 49 (2): 113-122.

Carson, G. R., and Edwards, N. M. 2009. Criteria of wheat and flour quality (Chapter 4). Wheat Chemistry and Technology (Khalil khan and Peter R. Shewry, editors). AACC international, inc St. Paul Minnesota U.S.A.

Cornish, G. B., Skyas, D. J., Siriamornpun, S., Bekes, F., Larroque, O. R., Wrigley, C. W., and Wootton, M. 2001. Grain proteins as markers of genetic traits in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 52: 1161-1171.

Cornish G. B., Be´ke´s, F., Eagles, H. A., and Payne P. I. 2006. Prediction of dough properties for bread wheats. In: Wrigley, C., Be´ke´ s, F., Bushuk, W. (Eds.), Gliadin and Glutenin,the Unique Balance of Wheat Quality.AACC Internal, St. Paul, Minnesota, USA, pp. 243-280.

Cuniberti, M. B., Roth, M. R., and MacRitchie, F., 2003. Protein Composition-Functionality Relationships for a Set of Argentinean Wheats. *Cereal Chemistry*, 80: 132-134.

Egesi, C. N., Ilona, P., Ogbe, F. O., Akoroda, M., and Dixon, A. 2007. Genetic variation and genotype × environment interaction for yield and other agronomic traits in Cassava in Nigeria. *Agronomy journal***,** 99: 1137–1142.

FAO, 2012, Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO Statistical Database, Available from http://faostat.fao.org.

Farooq, Z., Rehman, S., Sadiq Butt, M., and Bilal, M.Q. 2001. Suitability of wheat varieties/ Lines for the production of leavened flat bread (NAAN). *Journal of Research (Science)*, 12 (2): 171-179.

Fernandez-Aparicio, M., Flores, F., and Rubiales, D. 2009. Field response of *Lathyrus cicera* germplasm to crenate broomrape (*Orobanche crenata*). *Field Crops Research*, 113: 321–327.

Finney, K. F., and Barmore, M. A. 1948. Loaf volume and protein content of hard winter and spring wheats. *Cereal Chemistry***,** 25: 291-312.

Finney, K. F., and Yamazaki, W. T. 1967. Quality of hard, soft and durum wheats. In: Quisenberry, K. S., Reitz, L. P. (Eds.), Wheat and Wheat Improvement. Am. Soc. Agron. Madison. WI, Pp: 471-503.

Finney, K. F. 1984. An optimized straight-dough, breadmaking method after 44 years. *Cereal Chemistry***,** 61: 20-27.

Finney, K. F., Yamazaki, W. T., Youngs, V. L., and Rubenthaler, G. L. 1987. Quality of hard, soft, and durum wheats. In: Wheat and wheat improvement" (Ed. E.G. Heyne), ASA, CSSA, SSSA Publishers, Madison, Wisconsin, USA: 677-748.

Fowler, D. B., and Delaroche, I. A. 1975. Wheat quality evaluation.1. Influence of genotype and environment. *Canadian Journal of Plant Science***,** 55: 263-269.

Fowler, D. B., Brydon, J., and Delaroche, I. A. 1990. Environmental and genotype influence on grain protein concentration of wheat and rye. *Agronomy journal,* 82: 655-664.

Garcia del Moral, L. F., Boujenna, A., Yanez, J. A., and Ramos, J. M. 1995. Forage production, grain yield and protein content in dual-purpose triticale graown for both grain and forage. *Agronomy Journal***,** 87: 902-908.

Garg, M., Sing, H., Kaur, H., and 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.

Goutam, U., Kukreja, S., Tiwari, R., Chaudhury, A., Gupta, R. K., Dholakia, B. B., and Yadav, R. 2013. Biotechnological approaches for grain quality improvement in wheat: Present status and future possibilities. *Australian Journal of Crop Science*, 7 (4): 469-483.

Goyal, A., and Prasad, R. 2010. Some Important Fungal Diseases and their Impact on wheat Production. In: Arya A, Perelló AEV (eds) Management of fungal plant pathogens. CABI (H ISBN 9781845936037) pp. 362.

Gupta, R. B., and Palmer, G. A. 1994. Allelic variation at at glutenin subunit and gliadin loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1, of common wheats. I. It's additive and interaction effects on dough properties. *Journal of Cereal Science***,** 19: 9-17.

Gupta, R. B., Masci. S., Lafiandra. D., Bariana, H. S., and Macritchie, F. 1996. Accumulation of protein subunits and their polymers in developing grains of hexaploid wheats. *Journal of Experimental Botany*, 47: 1377-1385.

Hayakawa, K., Tanaka, K., Nakamura, T., Endo, S., and Hoshino, T. 2004. End use quality of waxy wheat flour in various grain-based foods. *Cereal chemistry***,** 81 (5): 666-672.

Khatkar, B. S., Fido, R. J., Tatham, A. S., and Schofield, J. D., 2002a. Functional properties of wheat gliadins. I. Effects on mixing characteristic and bread making quality. *Journal of Cereal Science*, 35: 299-306.

Khatkar, B. S., Fido, R. J., Tatham, A. S., and Schofield, J. D., 2002b. Functional properties of wheat gliadins. II. Effects on dynamic rheological properties of wheat gluten. *Journal of Cereal Science***,** 35: 307-313.

Kleijer, G., and Schwaerzel, R. 2006. Baking quality of winter wheat in official Swiss trials under extensiv or organic conditions, *Agrarforschung*, 13: 74-79.

Kohajdova, Z., and Karovicova, J. 2008. Influence of hydrocolloids on quality of baked goods. Acta Scientiarum Polonorum., *Thechnologia Alimentaria***,** 7 (2): 43-49.

Lee, M. R., Swanson, B. G., and Baik, B. K. 2001. Influence of amylose content on properties of wheat starch and breadmaking quality of starch and gluten blends. *Cereal chemistry*, 78 (6): 701-706.

Lee, S. J., Yan, W., Ahn, J. K., and Chung, I. M. 2002. Effects of year, site, genotype and their interactions on various soybean isofllavones. *Field Crops Research*, 41: 1–12.

Li, Y., Lu, J., Gu, G., Shi, Z., and Mao, Z. 2005. Studies on water extractable arabinoxylan during malting and brewing. *Food Chemistry*, 93: 33–38.

Ma, B. L., Yan, W., Dwyer, L. M., Fregeau-Reid, J., Voldeng, H. D., Dion, Y., and Nass, H. 2004. Graphic analysis of genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. *Agronomy journal,* 96: 169–180.

MacRitchie, F. 1992. Physicochemical properties of wheat proteins in relation to functionality. *Advances in Food and Nutrition Research*, 36: 1-87

Mader, P., Hahn, D., Dubois, D., Gunst, L., Alfoldi, T., Bergmann, H., Oehme, M., Amado, R., Schneider, H., Graf, U., Velimirov, A., Fliessbach A., and Niggli, U. 2007. Wheat quality in organic and conventional farming: results of a 21-year old field trial. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 1826-1835.

Metho, L. A., Taylor, J. R. N. Hammes, P. S., and Rundall, 1999. Effect of cultivar and soil fertility on grain protein yield and breadmaking quality of wheat. *Journal of Science Food and Agriculture*, 79 (13): 1823–1831.

Park, S. H., Bean, S. R., Chung, O. K., and Seib, P. A., 2006. Levels of Protein and Protein Composition in Hard Winter Wheat Flours and the Relationship to Breadmaking. *Cereal Chemistry*, 83: 418-423.

Peng, J., Sun, D., and Nevo, E. 2011. Wild emmer wheat, Triticum dicoccoides, occupies a pivotal position in wheat domestication process. *Australian Journal of Crop Science*, 5(9): 1127-1143.

Peterson, D. M., Wesenberg, D. M., Burrup D. E., and Erickson, C. A. 2005. Relationships among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments. *Journal of Crop Science*, 45: 1249–1255.

Rahman, A. 1987. Manual of wheat breeding procedures. FAO, Rome.

Randhawa, A., Faqir, M., and Boot, M. 2002. Physicochemical and milling properties of new spring wheats grown in punjab and Sind for the Production of Pizza. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4 (4): 482-484.

Rao, A. C. S., Smith, J. L., Jandhyala, V. K., Papendick, R. I., and Parr, J. F. 1993. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. *Crop Science***,** 85: 1023-1082.

Rosell, C. M., Wang, J., Aja., S., Bean, S., and Lookhart, G. 2003. Effect of *Aelia spp*. and *Eurygaster spp*. damage on wheat proteins. Cereal Chemistry**,** 80 (1): 52-55.

Rubio, J., Cubero, J. I., Martin, L. M., Suso, M. J., and Flores, F. 2004. Biplot analysis of trait relations of white lupin in Spain. *Euphytica*, 135: 217–224.

SAS institute. 2008. Base SAS 9.2 Procedures Guide: Statistical Procedures. Cary, NC: SAS institute, Inc.

Schofield, J. D., and Both, M. R. 1983. Deveolpments in food proteins. Applied Science Publishers, London, pp 335.

Sharadanant, R., and Khan, K. 2003. Effect of hydrophilic gums on frozen dough. I. Dough quality. *Cereal chemistry*, 80 (6): 764-772.

Silva, R. R., Benin, G., Luiz de Almeida, J., Cristina de Batista Fonseca, Inês., and Zucareli, C. 2014. Grain yield and baking quality of wheat under different sowing dates. Acta Scientiarum, *Agronomy, Maringá***,** 36(2):. 201-210.

Skendi, A., Biliaderis, C., Papageorgiou, M., and Izydorczyk, M. 2010. Effects of two barley β-glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*, 119 (3): 1159-1167.

Uhlen, A. K., Sahlstom, S., Magnus, E. M., Fergestd, E. M., Diesth, J. A., and 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 (8): 887 – 894.

Wieser, H., and Zimmermann, G. 2000. Importance of amount and proportions of high molecular weight subunits of glutenin for wheat quality. *European Food Research and Technology*, 210 (5): 324–330

Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., and Szlavnics, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Journal of Crop Science*, 40: 597–605.

Yan, W. 2001. GGEbiplot: A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data **and** other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93 (1): 1111-1118.

Yan, W., and Rajcan, I. R. 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Canadian Journal of Plant Science*, 42: 11–20.

Yan, W. and Kang, M. S. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press. Boca Raton, FL, P.288.

Yan, W., and Fregeau-Reid, J. 2008. Breeding line selection based on multiple traits. *Journal of Crop Science***,** 48: 417–423.

Evaluation of indices related to grain quality, chemical and rheological properties of bread wheat using biplot analysis

K. Lakzaei[1], B. A. Fakheri[2], S. Farokhzadeh[3], Z. Shayan[4]

Received date: 11 June 2016
Accepted date: 4 Oct 2016

Abstract

To study the genetic variation in baking quality related characteristics of 30 wheat bread recombinant inbred lines, an experiment was conducted based on randomized complete blocks with two replications. following traits were measured on each plot: Physical traits of grain (1000-grain weight, hectoliter weight), Chemical traits of grain (humidity (%), dry matter (%), protein content (%), gluten index, wet and dry gluten (%), ash (%) and fat content (%)) and bakihg quality traits of dough by farinograph method including; water absorption (%), mixing dough, dough development time, degree of softening (after 10 and 20 min), resistance to extension and dough stability. Analysis of variance showed significant differences among genotypes for all traits. Factor analysis resulted in six factors that determined 79.14% of the total variation. The first factor defined 25.76% of variation including farinogram triats. The second factor explained 15.81% of variation including; qualitative traits. Third factor explained 12.29% of variation included; 1000-grain weight, mixing dough and dry. The fifth factor along with the sixth factor accounted for 15.52% of total variation. In this study, the purpose of using GGE biplot method on the obtained data, was investigate the relationship between different traits and determining the relative importance of traits associated with quality and yield. According to results from GT biplot, traits of dough development time, dry matter (%), resistance to extension, dough stability, gluten index, water absorption (%) and hectoliter weight can be introduced as the best and most important traits related to quality and yield, as well as the appropriate indicators in the selection of genotypes of of bread wheat. Among bread wheat recombinant inbred lines and based on all evaluation factors, line 16 was the closest line to the ideal genotype. These findings would be employed in bread wheat breeding program to improve the baking quality characteristics in breeding materials.

Keywords: Baking quality traits, Bread Wheat, Dough satability, Factor analysis, Gluten Index

[1] - M.Sc. Graduated student of Plant Breeding, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
[2] - Associated Professor of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
[3] - Ph.D. Student of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, and master of Payam Noor University, Darab, Iran.
[4] - B.Sc. Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Sistan & Baluchestan.
Corresponding Author: k.lakzaei@gmail.com