بررسی تنوع و تجزیه ضرایب مسیر صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در لاین‌های اصلاحی، ارقام زراعی و بومی گندم

فهیمه شاهین‌نیا[۱]، عبدالمجید رضایی[۱] و عباس سعیدی[۲]

چکیده

به منظور بررسی میزان تنوع و مطالعه هم‌بستگی میان صفات مرتبط با کیفیت نانوایی از طریق تجزیه ضرایب مسیر، ۱۴۵ ژنوتیپ گندم نان مرکب از ۹۰ لاین اصلاحی و ۵۵ رقم بومی و زراعی مورد آزمایش قرار گرفتند. از صفات درصد پروتئین، حجم رسوب زلنی، حجم رسوب با SDS، سختی دانه، وزن حجمی (هکتولیتر)، حجم نان، درصد رطوبت دانه و جذب آب، به عنوان معیارهای غیر مستقیم برای ارزیابی کیفیت نانوایی ژنوتیپ‌ها استفاده شد.

صفات سختی دانه، حجم رسوب زلنی و حجم رسوب با SDS به ترتیب با ضرایب تغییرات ۱۳/۵۱، ۱۱/۸۳ و ۱۱/۰۳ از بیشترین میزان تنوع برخوردار بودند. نتایج تجزیه عامل‌ها برای ژنوتیپ‌ها بر مبنای صفات کیفی گویای نقش دو عامل پنهانی در توجیه ۹۸/۲۳ درصد از تنوع کل داده‌ها بود. این عوامل به ترتیب عامل شاخص پروتئین دانه و حجم نان نام‌گذاری شدند. نتایج مطالعه هم‌بستگی میان صفات کیفی، بر رابطه مستقیم و معنی‌دار درصد پروتئین و حجم رسوب با SDS با دیگر صفات مرتبط با کیفیت نانوایی گواهی داد. در رگرسیون مرحله‌ای، درصد پروتئین به عنوان صفت توجیه کننده مقدار زیادی از تغییرات صفات کیفی دیگر، در مراحل اول و دوم به مدل وارد شد. هم‌چنین، تجزیه ضرایب مسیر نشان دهنده اهمیت اثر مستقیم و معنی‌دار صفات درصد پروتئین، حجم رسوب زلنی، حجم نان، درصد رطوبت دانه و درصد جذب آب و اثر غیر مستقیم این صفات از طریق درصد پروتئین بر تغییرات حجم رسوب با SDS بود. تجزیه خوشه‌ای بر پایهٔ صفات کیفی نشان دهنده ظرفیت مطلوب ژنوتیپ‌های زراعی و بومی از حیث صفات مرتبط با کیفیت و کمیت پروتئین، در مقایسه با ژنوتیپ‌های گروه‌های دیگر (به طور عمده لاین‌های اصلاحی) بود.

واژه‌های کلیدی: *تنوع، تجزیه ضرایب مسیر، کیفیت نانوایی گندم*

---

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

۲. عضو هیئت علمی بخش غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

مقدمه

از ویژگی‌های کیفی مورد توجه در برنامه‌های به‌نژادی گندم (*Triticum aestivum* L.)، کیفیت پروتئین اندوسپرم دانه است، که بر ارزش نانوایی مؤثر بوده و بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد (۸، ۱۰ و ۲۰). گلوتن، پروتئین ذخیره‌ای اصلی اندوسپرم گندم، به‌دلیل اعطای خاصیت ویسکوالاستیک (Viscoelastic) به خمیر، عامل مؤثر در بهبود کیفیت نان است. تغییرات مشاهده شده در ارزش نانوایی ارقام مختلف به خاطر تفاوت‌های کیفی در نسبت و اجزای ترکیبات تشکیل دهنده گلوتن آرد می‌باشد (۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۳). با توجه به نوع کنترل ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت آرد گندم، ارزش نانوایی صفت بسیار پیچیده‌ای است، و نمی‌توان کیفیت هر رقم را برحسب یک ویژگی بیان نمود (۳، ٤، ۲۰ و ۲٤).

چند ویژگی همچون خواص شیمیایی، خواص آسیاب کردن، ویژگی‌های پخت و خواص فیزیکی خمیر در کیفیت نانوایی مؤثر بوده و حایز اهمیت می‌باشند. بهترین روش در بررسی کیفیت نانوایی، تهیه آرد از ژنوتیپ مورد مطالعه و انجام آزمایش استاندارد پخت نان است، که به صرف وقت و هزینه نسبتاً زیاد نیاز دارد. بنابراین، می‌توان از روش‌های غیر مستقیم به منظور ارزیابی صفات مرتبط با کیفیت نانوایی به عنوان معیارهایی برای تخمین ارزش نانوایی گندم در شناسایی ارقام مطلوب بهره برد (۱، ٦، ۹ و ۲۵). کارایی این روش‌ها به عوامل بسیاری وابسته است، که از جمله می‌توان به چند مورد اشاره کرد: ۱. سهولت استفاده، به طوری که بتوان شمار زیادی از ارقام را در مدت کوتاهی ارزیابی نمود، ۲. نیاز به مقدار کم آرد (حداکثر ۱۰ تا ۱۲ گرم)، به طوری که بتوان حتی نتایج یک تک‌گیاه را مورد آزمایش قرار داد، و ۳. وابسته نبودن به عوامل دیگر، نظیر مقدار پروتئین و فعالیت آلفا آمیلازی، که بر کیفیت و ارزش نانوایی اثر می‌گذارند و به تناسب شرایط محیطی تغییرات زیادی دارند (۹، ۲۲ ، ۲۵ و ۲۷). اندازه‌گیری میزان پروتئین، سختی دانه، وزن حجمی (هکتولیتر)، درصد جذب آب به وسیله آرد، حجم نان، حجم رسوب زلنی و حجم رسوب با SDS (Sodium Dodecyl Sulfate) و هم‌چنین آزمون‌های فارینوگراف (Farinograph)، میکسوگراف (Mixograph)، آلوئوگراف (Alveuograph)، و اسپکتروسکوپی انعکاسی نور مادون قرمز (Near-Infrared Reflectance Spectroscopy) یا NIRS از روش‌های غیر مستقیم برای تعیین کیفیت نانوایی ارقام گندم می‌باشند (۱، ۲ و ۲٦).

در بررسی روابط میان صفات مرتبط با ارزش نانوایی گندم، فولر و همکاران (۱۰) سرعت تکامل خمیر را به همراه میزان پروتئین و سختی دانه، به عنوان سه متغیر اصلی در پیش‌بینی خواص کیفی نان معرفی نمودند. این پژوهندگان تغییرات درصد پروتئین را به عنوان عامل توجیه کننده بخش زیادی از تنوع حجم نان گزارش کردند. گوپتا و پالمر (۱۳) اظهار کردند که ۲۰ درصد تنوع در خواص کیفی نان با میزان پروتئین قابل توجیه می‌باشد. باهات و دررا (۲)، به دلیل قابلیت توارث بالا، پروتئین آرد را به عنوان شاخص انتخاب ارقام با کیفیت برتر معرفی و گزارش کردند. برانلارد و داردوت (۵) نیز به هم‌بستگی معنی‌دار میزان پروتئین و زمان شکل گرفتن و مقاومت در برابر مخلوط شدن خمیر اشاره کردند. میان نتایج آزمون رسوب و خواص کیفی نان ارتباط قوی وجود دارد، و هرچه میزان رسوب بالاتر باشد، استحکام گلوتن بیشتر است. این آزمون شاخص خوبی برای ارزیابی خاصیت ویسکوالاستیک خمیر است، و نهایتاً میزان رسوب هم‌بستگی زیادی با برخی از خواص کیفی شامل حجم نان، ویژگی‌های فارینوگراف، استحکام گلوتن و میزان پروتئین دارد. بنابراین، حجم رسوب با SDS معیار مناسبی برای پیش‌بینی خواص و ارزش نانوایی گندم است (۷، ۱۱، ۱۲ و ۲۳).

با توجه به آنچه در مقدمه عنوان شد، این پژوهش به منظور ارزیابی و تعیین تنوع صفات کیفی مرتبط با ارزش نانوایی ژنوتیپ‌های مختلف گندم و معرفی ارقام با کیفیت برتر طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

مواد گیاهی مورد آزمایش را ۱٤۵ ژنوتیپ گندم نان شامل ۹۰

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

لاین اصلاح شده از مرکز تحقیقات سیمیت (CYMMIT)، در مکزیک و ۵۵ رقم بومی و زراعی از مناطق مختلف کشور تشکیل دادند. ارقام بومی طی چند سال گذشته در آزمایش‌های مختلف خالص‌سازی شده‌اند. کشت ارقام در اول آذر ۱۳۷۷ در مزرعه سازمان تحقیقات کشاورزی استان اصفهان، در چارچوب طرح آگمنت (Augmented design)، به همراه سه رقم شاهد روشن، قدس و مهدوی انجام شد. هر رقم در دو ردیف به طول دو متر و فاصله ۲۰ سانتی‌متر با تراکم ۳۵۰ بذر در متر مربع کشت گردید. میزان کود مصرفی ۲۵۰ کیلوگرم اوره (٤٦ درصد نیتروژن) و ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار بود، که کود اوره یک نوبت پیش از کشت و بقیه به صورت سرک در دو مرحله پنجه‌دهی و ساقه‌دهی مصرف شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ، دو نوبت سم‌پاشی با سم تو-فور-دی (2,4,D) و به میزان دو لیتر در هکتار صورت گرفت. دیگر عملیات زراعی از قبیل آبیاری و وجین دستی به طور یک‌نواخت و برابر معمول انجام شد.

ارزیابی ویژگی‌های مرتبط با کیفیت نانوایی

صفات درصد پروتئین، درصد جذب آب و رطوبت دانه، حجم نان، سختی دانه، حجم رسوب زلنی با استفاده از دستگاه اینفراماتیک (Inframatic No. 8100) اندازه‌گیری شد. این دستگاه بر اساس اسپکتروسکوپی انعکاس نور مادون قرمز عمل می‌کند. بر مبنای آزمایش‌های شیمیایی همچون روش کجلدال (۱۷) و آزمون رسوب زلنی، بر اساس دستورالعمل‌های شماره ۱۰۵/۲ و ۱۱٦/۱ انجمن بین‌المللی علوم و تکنولوژی غلات (Internationl Association of Cereal Chemistry) یا ICC، برای نمونه‌ای از ژنوتیپ‌های مورد بررسی عمل کالیبراسیون صورت گرفت (۱۸). دستگاه دارای یک آسیاب چکشی است که دانه گندم را کاملاً آرد می‌کند، و برای انجام آزمایش به ۲۰ گرم آرد احتیاج دارد. پس از تابش اشعه مادون قرمز به مدت ۲۰ ثانیه و انجام تجزیه، داده‌ها به حافظه دستگاه وارد شده و از آن جا به قسمت ثبات و چاپگر منتقل می‌گردد.

آزمون رسوب با SDS برابر با استانداردهای انجمن بین‌المللی علوم و تکنولوژی غلات و با توجه به روش پیشنهادی جامعه American Association of Cereal) AACC Chemists) انجام شد (۱ و ۱۸). در این روش از مقدار ٦±۰/۰۲ گرم آرد (بر مبنای ۱۵٪ رطوبت)، اسید لاکتیک ۸۸ درصد و محلول ۲۰ گرم سدیم دودسیل سولفات (SDS) در یک لیتر آب مقطر استفاده می‌شود. حجم رسوب (میلی‌لیتر) پس از ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید، و اندازه‌گیری ارتفاع رسوب هر نمونه چهار مرتبه تکرار شد.

تجزیه و تحلیل آماری

ویژگی‌های شاهدها برای تعیین وضعیت یک‌نواختی زمین و لزوم تصحیح برای اثر بلوک ناقص تجزیه واریانس شدند. به منظور توجیه روابط داخلی میان صفات کیفی و شناخت عوامل پنهانی و تفسیر بهتر روابط، از تجزیه به عامل‌ها به روش حداکثر درست‌نمایی استفاده گردید. با استفاده از روش رگرسیون مرحله‌ای، صفاتی که بیشترین سهم را در توجیه تغییرات صفات کیفی داشتند مشخص و انتخاب شدند. هم‌چنین، ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی بین صفات کیفی محاسبه شد. با استفاده از تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر، آثار مستقیم و غیر مستقیم دیگر صفات کیفی بر حجم رسوب با SDS مورد بررسی قرار گرفت. سرانجام، از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward)، با استفاده از متغیرهای استاندارد شده و مربع فاصله اقلیدسی، به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات کیفی استفاده شد (۱۹). تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، SAS، SPSS و Path-1 انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای بررسی یک‌نواختی زمین نشان داد که برای کلیه صفات کیفی تفاوت معنی‌داری بین بلوک‌ها وجود ندارد، و نیازی به تصحیح صفات برای اثر بلوک ناقص نیست.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

برابر نتایج جدول ۱، در میان صفات مورد بررسی، سختی دانه، حجم رسوب زلنی و حجم رسوب با SDS، به ترتیب با ضرایب تغییرات ۱۳/۵۱، ۱۱/۸۳ و ۱۱/۰۳ درصد، از بیشترین میزان تنوع برخوردار بودند. پس از این صفات، درصد پروتئین دانه با ضریب تنوع ۸/۷۷ درصد قرار داشت. از آن جا که صفات مذکور نشان دهنده کیفیت و کمیت پروتئین دانه می‌باشند، نتایج گویای وجود تنوع چشم‌گیر برای پروتئین و اجزای کیفی و کمی مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های مورد بررسی، و تأثیرپذیری این صفات از آثار محیطی است. بنابراین، می‌توان از این تنوع برای بهبود ویژگی‌های ارقام در برنامه‌های به‌نژادی کیفیت استفاده نمود.

نتایج تجزیه عامل‌ها برای صفات مرتبط با کیفیت در جدول ۲ آمده است. این تجزیه منجر به شناسایی دو عامل پنهانی و تبیین ۹۸/۲۳ درصد از تنوع کل داده‌ها گردید. به منظور تفسیر بهتر نتایج، بار عوامل دوران داده شد. عامل اول هم‌بستگی مثبت و زیادی با درصد پرتئین، حجم رسوب زلنی و حجم رسوب با SDS داشت. نتایج پژوهش‌های مختلف (۳، ٤، ۹، ۱۲ و ۱٦) آزمون رسوب را به عنوان معیار غیر مستقیم بازگو کننده خواص فیزیکی خمیر شامل کشش، چسبندگی، تورم و مقاومت گلوتن در محیط اسیدی عنوان کرده است. جای‌گزین کردن سدیم دودسیل سولفات (SDS) به جای ایزوپروپانل در روش زلنی، سبب واکنش رشته‌های پروتئینی با یکدیگر، و با ذرات آرد، و ایجاد یک ژل پروتئینی در محلول اسید لاکتیک، و در نهایت تشکیل رسوب خواهد شد. میزان رسوب به میزان ذرات معلق کلوییدی ارتباط داشته، و با کیفیت پروتئین از هم‌بستگی زیادی برخوردار است. این عامل با توجه به نقش صفات توجیه کننده آن عامل، شاخص پروتئین دانه نامیده شد. در تبیین عامل دوم، صفات درصد رطوبت دانه، درصد جذب آب، حجم نان و سختی دانه سهیم بودند. با توجه به این که حجم زیاد نان نشان دهنده ظرفیت بیشتر آرد برای جذب آب و حبس گاز توسط گلوتن است، و هم‌چنین ارقام با بافت اندوسپرم سخت به دلیل جذب آب بیشتر و افزایش حجم نان کیفیت بهتری برای پخت نان دارند (۷، ۱۲ و ۲۳)، این عامل حجم نان نامیده شد. بنابراین، افزایش عامل‌های اول و دوم منجر به بهبود ارزش نانوایی خواهد شد.

نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای هر یک از صفات کیفی به عنوان متغیر تابع، و صفات دیگر کیفی به عنوان متغیر مستقل در جدول ۳ آورده شده است. به طور کلی، در توجیه تغییرات صفات کیفی از طریق رگرسیون مرحله‌ای، درصد پروتئین در مراحل اول یا دوم رگرسیون با ضریب تبیین شایان توجهی برای توجیه تغییرات صفات دیگر وارد مدل شد. در تظاهر خواص کیفی گندم، میزان پروتئین آرد بر قابلیت کشش خمیر، زمان فرم گرفتن خمیر و مقاومت آن در برابر مخلوط شدن، جذب آب فارینوگراف، عدد والوریمتری و تغییرات حجم رسوب با SDS، و به طور کلی ارزش نانوایی حایز اهمیت است (۲، ٤، ۱۰، ۱۱ و ۲۱). بنابراین، نتایج این تجزیه گویای لزوم توجه به گزینش ژنوتیپ‌های برتر برای این صفت، و سعی در افزایش میزان پروتئین در برنامه‌های به‌نژادی برای ارتقای ارزش نانوایی گندم است. به این موضوع در پژوهش‌های دیگر نیز اشاره شده است (٤، ۷، ۱۰ و ۱۳).

ضرایب هم‌بستگی (جدول ٤) بین درصد پروتئین با صفات سختی دانه، درصد رطوبت دانه و جذب آب، حجم نان، حجم رسوب زلنی و حجم رسوب با SDS مثبت و معنی‌دار بود. هم‌چنین، بیشترین هم‌بستگی‌ها بین حجم رسوب با SDS و دیگر صفات کیفی دیده شد. در توجیه روابط صفات مذکور، بلک‌من و پاین (٤) عنوان کردند که به دلیل پر شدن فضای خالی بین سلول‌های اندوسپرم با ذرات پروتئینی، گندم‌های با دانه سخت و شیشه‌ای نسبت به گندم‌های نرم دارای درصد پروتئین بیشتری هستند. بنابراین، سختی دانه به طور مستقیم با میزان پروتئین و برخی از خواص فیزیکی خمیر، مثل کش‌سانی و مقاومت در مقابل مخلوط شدن و ثبات، هم‌بستگی معنی‌دار نشان می‌دهد، و به طور غیر مستقیم بر میزان جذب آب به وسیله آرد و حجم نان، و نیز حجم رسوب با SDS مؤثر خواهد بود. با توجه به نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای و هم‌بستگی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

جدول ۱. آمار توصیفی مربوط به صفات کیفی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی

صفات[1]	میانگین	واریانس	حداقل	حداکثر	ضریب تنوع
سختی دانه	۵۵/۷۸	۵٦/۷۹	٤۰/۰۰	٦۷/۰۰	۱۳/۵۱
حجم رسوب زلنی (میلی‌لیتر)	۳۲/۸۱	۱۵/۰۷	۲۲/۰۰	٤۰/۰۰	۱۱/۸۳
حجم رسوب با SDS (میلی‌لیتر)	۳۵/۷۵	۱۵/۵٦	۲۳/۰۰	٤٦/۰۰	۱۱/۰۳
درصد پروتئین	۱۰/۵٦	۱/۰۳	۹/۰۳	۱٤/۰۰	۸/۷۷
درصد رطوبت دانه	۱۱/۱۰	۰/۵۰	۱۰/۰۰	۱۳/۰۰	٦/۳۷
وزن هکتولیتر (کیلوگرم)	۸۳/۵۲	۱۸/۸۷	٦۷/٦۰	۹٤/۰۰	۵/۲۱
حجم نان (میلی‌لیتر)	۵۱٤/۱۵	۵۳٦/۷۹	٤٤۵/۰۰	۵۹۸/۰۰	٤/۵۱
درصد جذب آب	٦۱/۰۷	۵/۱۳	۵۳/۲۰	٦۹/۵۰	۳/۷۱

۱. صفات بر اساس بیشترین ضریب تنوع مرتب شده‌اند.

جدول ۲. بار عامل‌های دوران یافته و واریانس‌های نسبی و تجمعی تجزیه عامل‌ها برای صفات کیفی

صفات	بار عامل‌های دوران یافته		اشتراک‌ها
	اول	دوم	
وزن هکتولیتر	۰/۰۱٦	-۰/۳۰۸	۰/۰۹۵
درصد پروتئین	۰/۹٦۵	۰/۰۹٤	۰/۰۹٤۰
حجم رسوب زلنی	۰/۸۹۱	-۰/۰۰۸	۰/۷۹۵
حجم نان	۰/۳٦۱	۰/۷۰۳	۰/۲۷۱
درصد رطوبت دانه	۰/۳۳۲	۰/۹٤۳	۰/۹۹۰
سختی دانه	۰/۰٦۳	-۰/۹۱۷	۰/۸٤۵
درصد جذب آب	۰/٤۷۲	۰/۲۲۸	۰/۲۷۵
حجم رسوب SDS	۰/۷۳٤	-۰/۰٦۱	۰/۵٤۳
واریانس نسبی (٪)	٦۲/٦۳	۳۵/٦۰	
واریانس تجمعی (٪)	٦۲/٦۳	۹۸/۲۳	

صفات، به منظور مطالعه هرچه بهتر روابط مستقیم و غیر مستقیم این صفات با کیفیت نانوایی، از تجزیه ضرایب مسیر استفاده شد.

دیاگرام تجزیه ضرایب مسیر برای حجم رسوب با SDS، و مؤثرترین صفات کیفی مؤثر بر آن در شکل ۱، و نتایج حاصل از این تجزیه در جدول ۵ آورده شده است. همان گونه که ملاحظه می‌گردد، از میان صفات کیفی مورد بررسی، صفات درصد پروتئین، حجم رسوب زلنی، حجم نان، درصد رطوبت دانه و جذب آب در توجیه تغییرات حجم رسوب با SDS از نقش مهمی برخوردار هستند. صفت درصد پروتئین، با داشتن بزرگ‌ترین اثر مستقیم (۰/٤۸۰) و آثار غیر مستقیم زیاد از طریق دیگر صفات کیفی، حلقه اصلی زنجیره ارتباطی صفات دیگر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

جدول۳. رگرسیون مرحله‌ای برای صفات کیفی

متغیر تابع	مرحله	متغیرهای وارد شده به مدل	ضریب تبیین (درصد) نسبی	ضریب تبیین (درصد) تجمعی	میانگین مربعات رگرسیون	عرض از مبدأ	ضریب رگرسیون متغیرها
درصد پروتئین	۱	حجم رسوب زلنی(X۳)	۷٤/۱۳	۷٤/۱۳	۱۰۲/۸۳	٤/۱۹۲	۰/۱۷۷**
	۲	درصد جذب آب (X۷)	٦/۲۵	۸۰/۳۸	۵۵/۷۵	-۲/۳٤	۰/۱۰٦**
	۳	حجم رسوب با SDS (X۸)	۱/۲۵	۸۱/٦۳	۳۷/۷٤	-۲/٦۱	۰/۰٤۱**
	مدل نهایی	$\hat{Y} = -۲/۱۰۸ + ۰/۱۷۷ X_۳ + ۰/۱۰۶ X_۷ + ۰/۰۴۱ X_۸$					
حجم رسوب زلنی	۱	درصد پروتئین (X۲)	۷٤/۱۳	۷٤/۱۳	۱۵۱۱/۵۸	-۵/۳۳	۳/۰۹۹**
	۲	درصد جذب آب (X۷)	۲/۳	۷٦/٤۳	۷۷۹/۲٦	۹/۲۳	۰/۰۲۲**
	۳	حجم نان (X٤)	۱/۵۰	۷۷/۹۳	۵۲۹/۷۲	-۰/۳۳	-۰/۲۵۳**
	۵	حجم رسوب با SDS (X۸)	۰/۰۷	۷۹/۸۱	۳۲۵/٤۷	-۳/۷۲	۰/۱۱۸*
	مدل نهایی	$\hat{Y} = -۳/۷۲ + ۳/۰۹۹ X_۲ + ۰/۰۲۲ X_۷ - ۰/۲۵۳ X_۴ + ۰/۱۱۸ X_۸$					
حجم نان	۱	درصد رسوب دانه (X۵)	۲٤/۲٤	۲٤/۲٤	۱۷٦۳۷/۸۲	۳۳۷/۵٤	۱۳/۱٦۸**
	۲	حجم رسوب زلنی (X۳)	۱۰/٦۵	۳٤/۸٦	۱۲٦۹۲/٤۵	۳۰۹/۹۲	۲/۰۳۷**
	مدل نهایی	$\hat{Y} = ۳۰۰/۹۱ + ۱۳/۱۶۸ X_۵ + ۲/۰۳۷ X_۳$					
درصد رطوبت دانه	۱	سختی دانه (X٦)	۷۲/۸٤	۷۲/۸٤	۵۰/۹۱	۱۵/٦۹	-۰/۰۷٦**
	۲	درصد پروتئین (X۲)	۱٤/۳۲	۸۷/۱٦	۳۰/٤٦	۱۲/٤۱	۰/۲۲۱**
	۳	درصد جذب آب (X۷)	۱/۵٤	۸۸/٦۹	۲۰/٦٦	۱۰/۱۱	۰/۰٤۳**
	مدل نهایی	$\hat{Y} = ۱۰/۱۰ - ۰/۰۷۶ X_۶ + ۰/۲۲۱ X_۲ - ۰/۰۴۳ X_۷$					
حجم رسوب با SDS	۱	حجم رسوب زلنی (X۳)	۵۷/۳۵	۵۷/۳۵	۱۰۰۳/۵۸	۱/۲٦	۰/۳٦۱**
	۲	درصد پروتئین (X۲)	۹/۵۲	٦۸/۸۷	۵۳۹/۱۰	٦/٦۳	۱/۵٤۳**
	مدل نهایی	$\hat{Y} = ۶/۱۱ + ۰/۳۶۱ X_۳ + ۱/۵۴۳ X_۲$					
سختی دانه	۱	درصد رطوبت دانه (X۵)	۷۲/۸٤	۷۲/۸٤	۵۵۰٤/۱٦	۱۵٤/٤٤	-۱۰/۰۱٦**
	۲	درصد پروتئین (X۲)	۱۱/۳۰	۸٤/۱۳	۳۱۷۹/۰۲	۱٤۱/۵٤	۲/۳۳٤**
	٤	درصد جذب آب (X۷)	۱/۰۹	۸٦/۵۸	۱٦۳۵/۷۹	۱۲۱/۱٦	۰/۳٤۸**
	مدل نهایی	$\hat{Y} = ۱۱/۵۶ - ۱۰/۰۱۶ X_۵ + ۲/۳۳۴ X_۲ - ۱/۶۷ X_۷ + ۰/۳۴۸ X_۷$					
درصد جذب آب	۱	درصد پروتئین (X۲)	۵۳/۵۰	۵۳/۵۰	۱٦۰/٤۷	٤۸/٦۱	۱/۲۸۰**
	۲	حجم رسوب زلنی (X۳)	۱٦/۸۱	۷۰/۳۱	۱۰۳/٤۷	٤۷/۰۳	-۰/۲۷۱**
	۳	درصد رطوبت دانه (X۵)	۷/۳٤	۷۷/٦۵	۷٦/۵۹	٤۳/۳۷	-۲/۵۲۱**
	٤	سختی دانه (X٦)	۵/۵۳	۸۳/۱۸	٦٦/۸۸	۱۷/۲٦	-۰/۱۷۷**
	مدل نهایی	$\hat{Y} = ۶۶/۸۸ + ۱/۲۸۰ X_۲ - ۰/۲۷۱ X_۳ - ۲/۵۲۱ X_۵ - ۰/۱۷۷ X_۶$					

*و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و۱ درصد

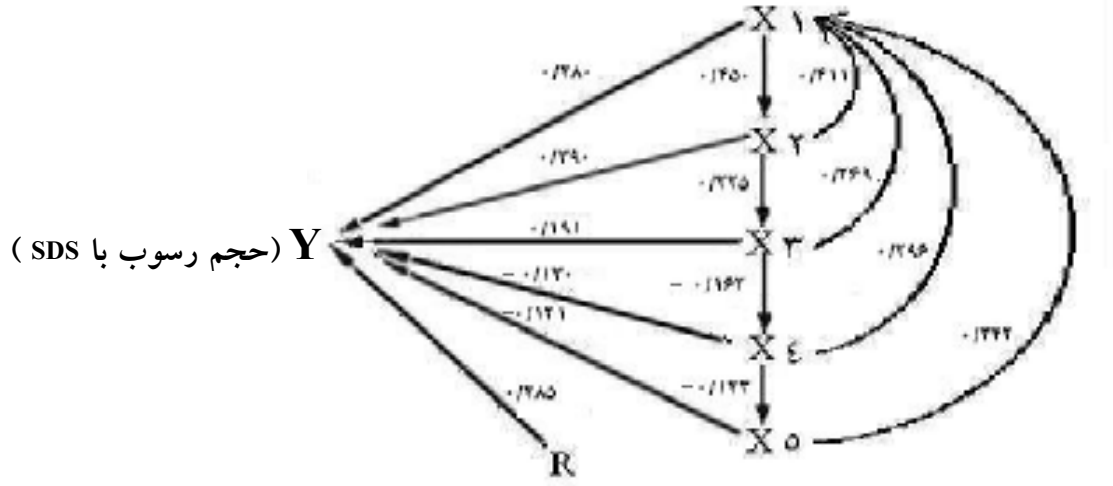
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

جدول ٤. ضرایب هم‌بستگی میان صفات کیفی

صفـــــات	وزن هکتولیتر	درصد پروتئین	حجم رسوب زلنی	حجم نان	درصد رطوبت دانه	سختی دانه	درصد جذب آب	حجم رسوب با SDS
وزن هکتولیتر	۱							
درصد پروتئین	-۰/۰۰۵	۱						
حجم رسوب زلنی	-۰/۰۰٤	۰/۸۵۹**	۱					
حجم نان	-۰/۱۰۹	۰/۳٥٤**	۰/٤۳۷**	۱				
درصد رطوبت دانه	-۰/۲۸٥**	۰/٤۱۰**	۰/۲۸۸**	۰/٤۷٤**	۱			
سختی دانه	۰/۳۱٤**	-۰/۰۲۳	۰/۰٤۹	-۰/۳٦۰**	-۰/۸٤٤**	۱		
درصد جذب آب	-۰/۰۷٤	۰/٥۰۷**	۰/۲۹٦**	۰/۱۰۲	۰/۳۷۲**	-۰/۰۹۳	۱	
حجم رسوب با SDS	-۰/۰۲٦	۰/٦۹٥**	۰/٦۹٥**	۰/٤۲۱**	۰/۱۹۸*	-۰/۰۹۲	۰/۲۷۲**	۱

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ٥ و ۱ درصد



شکل ۱. دیاگرام تجزیه ضرایب مسیر حجم رسوب با SDS و مؤثرترین صفات کیفی (X_1 تا X_5 در جدول ۳ تعریف شده‌اند)

کیفی و حجم رسوب با SDS است بنابراین، هر گونه تغییر در میزان خواص کمی و کیفی پروتئین، دیگر صفات مرتبط با کیفیت را تحت تأثیر قرار خواهد داد. این ارتباط مؤید حجم رسوب با SDS به عنوان معیار مناسب برای ارزیابی و گزینش زودهنگام شمار زیادی ژنوتیپ در نسل‌های اولیه در حال تفکیک برای صفات مرتبط با ارزش نانوایی است (۹، ۱۱، ۱۲ و ١٤).

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و بر پایه آزمون T^2 کاذب هوتلینگ و معیار توان سوم گروه‌ها (جدول ٦)، ژنوتیپ‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

جدول۵. برآورد آثار مستقیم و غیر مستقیم صفات کیفی بر حجم رسوب با SDS

صفت	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق					همبستگی صفات کیفی با حجم رسوب با SDS
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	
درصد پروتئین (X_1)	۰/۴۸۰**	–	۰/۴۵۰**	۰/۰۳۲	-۰/۱۵۴*	-۰/۱۱۳	۰/۶۹۵**
حجم رسوب زلنی (X_2)	۰/۳۹۰**	۰/۴۱۱**	–	۰/۰۳۵	-۰/۱۳۸*	-۰/۰۰۶	۰/۶۹۵**
حجم نان (X_3)	۰/۱۹۱*	۰/۲۶۹**	۰/۲۲۵**	–	-۰/۱۶۲*	-۰/۱۰۲	۰/۴۲۱**
درصد رطوبت دانه (X_4)	-۰/۱۳۰*	۰/۲۹۶**	۰/۱۸۲*	-۰/۰۱۱	–	-۰/۱۴۳*	۰/۱۹۸*
درصد جذب آب (X_5)	-۰/۱۲۱*	۰/۳۴۲**	۰/۱۰۹	-۰/۱۰۸	-۰/۰۴۹	–	۰/۱۷۲*

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

۰/۴۸۵ = اثر باقی‌مانده

جدول ٦. تعداد گروه، مقادیر T^2 کاذب هوتلینگ و معیار توان دوم گروه‌ها (سی. سی.سی.)

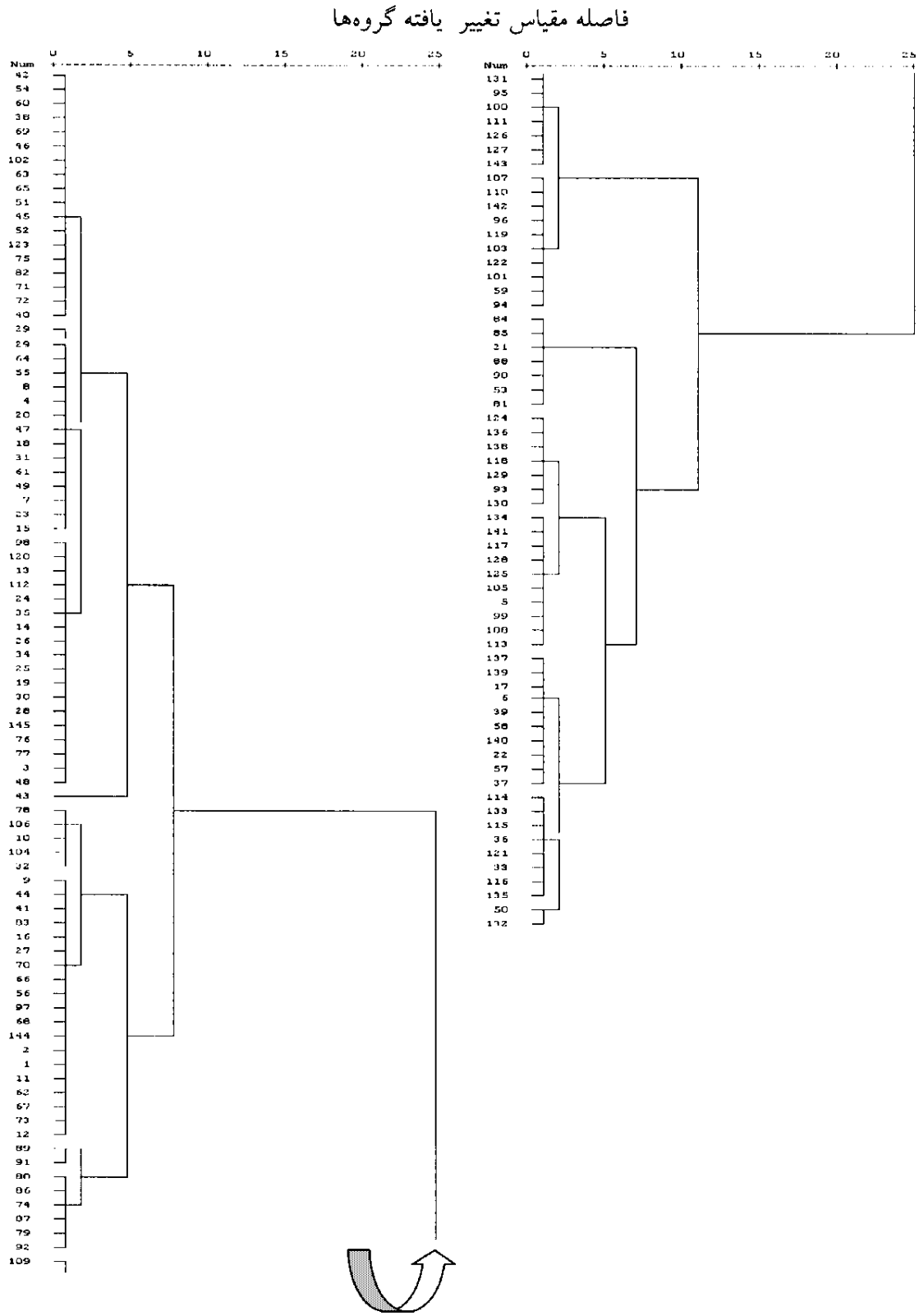
تعداد گروه	اتصال گروه‌ها		T^2 کاذب	سی.سی.سی.
۷	گروه ۱۱	مشاهده ۴۳	۲۹/۳۱	-۰/۰۳
٦	گروه ۷	گروه ۹	۱۹/۷۲	-۰/٦۰
۵	گروه ۱٦	گروه ۱۷	۳۷/۹٦	-۰/۷۸
٤	گروه ٦	مشاهده ۹	۲٤/٤۱	-۱/٤٦
۳	گروه ۱۲	گروه ۸	۳۸/۲٦	-۱/۷٦
۲	گروه ۵	گروه۳	٦۵/٤۸	-۳/٦۰
۱	گروه ٤	گروه ۲	۱۵/٦۳	۰/۰۰

مورد بررسی را به پنج گروه مستقل تفکیک نمود. برای تشکیل پنج گروه، دندروگرام حاصل (شکل ۲) در فاصله ٤/۵۲ در مقیاس تغییر یافته گروه‌ها قطع شد.

در گروه‌های اول تا پنجم به ترتیب ۳۵/۱۷، ۲۳/۰۷، ۱۲/٤، ٤/۸۳ و ۲۵/۵۲ درصد از کل ژنوتیپ‌ها قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات مختلف گروه‌ها (جدول ۷) گویای وجود تفاوت بسیار معنی‌دار میان گروه‌ها بود، که مؤید محل صحیح قطع دندروگرام و تعداد مناسب پنج گروه در طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. شمار زیادی از ژنوتیپ‌ها که در گروه اول طبقه‌بندی شدند، از وزن هکتولیتر، درصد پروتئین و سختی دانه زیاد، حجم رسوب زلنی و حجم رسوب با SDS متوسط، و حجم نان کم برخوردار بودند. به طور کلی، ژنوتیپ‌های گروه اول (به طور عمده لاین‌های اصلاحی) و گروه پنجم (به طور عمده ارقام زراعی و بومی) از حیث صفات مرتبط با کیفیت پروتئین به عنوان گروه‌های برتر شناسایی شدند. ولی ژنوتیپ‌های گروه پنجم از حیث صفات مرتبط با کیفیت پروتئین نیز اهمیت بسیاری داشتند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]



شکل ۲. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات کیفی

شماره‌های ۱ تا ۸۵ لاین‌های اصلاحی سیمیت مکزیک، شماره‌های ۸۶، ۸۷، ۹۱، ۹۲، ۱۰۱ و ۱۰۲ ارقام زراعی خارجی، و بقیه ارقام زراعی و بومی ایران هستند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

جدول۷. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های[1] صفات کیفی گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای

صفات	ضریب تنوع	میانگین مربعات[2]		میانگین				
		میان گروه‌ها	داخل گروه‌ها	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم	گروه پنجم
وزن هکتولیتر(کیلوگرم)	٦/٠٧	٢٣١/١٩٧	٢٥/٨٥	٨٦/٢٢^{a}	٨٤/٤٠^{ab}	٧٨/٥٠^{c}	٨٤/٨١^{ab}	٨٢/١٤^{b}
درصد پروتئین	٥/٨٤	٢١/٠٩	٠/٤٥	١١/٦٥^{b}	١٠/٤٩^{d}	١١/٠٤^{c}	١١/٥٤^{b}	١٢/٦٣^{a}
حجم رسوب زلنی (میلی‌لیتر)	٧/٨٨	٣٠٨/٣٠	٦/٦٩	٣٣/٢٣^{b}	٢٨/٩٣^{c}	٢٩/٧٢^{c}	٣٥/٨٥^{a}	٣٦/٥١^{a}
حجم نان (میلی‌لیتر)	٢/٦١	١٢٩٩٦/١٥	١٨٠/٨١	٥٠٠/٩٢^{d}	٥٠٠/٧١^{d}	٥١٩/٢٢^{c}	٥٧٧/٤٢^{a}	٥٢٩/٥٦^{b}
درصد رطوبت دانه	٣/٧٤	١١/٩٩	٠/١٧	١٠/٧٠^{c}	١٠/٥٥^{c}	١١/٧٢^{a}	١٠/٨٤^{b}	١١/٨٨^{a}
سختی دانه	٩/٢١	١١١٩/١٣	٢٦/٤٤	٦٠/٥٤^{a}	٥٩/١٨^{a}	٤٤/٨٨^{c}	٥٧/٨٥^{a}	٥١/١٨^{b}
درصد جذب آب	٢/٨٩	٧٥/٢١	٣/١٣	٦١/١٦^{b}	٥٩/٢٨^{c}	٦٠/٨٦^{b}	٥٨/٤٠^{c}	٦٣/٠٦^{a}
حجم رسوب با SDS (میلی‌لیتر)	٨/٥٣	٢٣٣/٩٠٤	٩/٣٢	٣٩/٤٩^{b}	٣٢/٢١^{c}	٣٢/٩٤^{c}	٣٨/٨٥^{a}	٣٨/٥٩^{a}

۱. در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

۲. میانگین‌های مربعات برای کلیه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند.

۲. درجات آزادی واریانس‌های بین و داخل گروه‌ها ترتیب ٤ و ١٤٠ است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

به طور خلاصه، نتایج حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها نشان دهنده لزوم توجه به ویژگی‌های ارزشمند و پنهان ارقام زراعی و بومی به عنوان منابع بالقوه تنوع ژنتیکی، و نقش مفید ژرم‌پلاسم مورد بررسی در برنامه‌های آینده اصلاح برای کیفیت نانوایی گندم است. بنابراین، می‌توان در برنامه‌های تلاقی، انتخاب جامعه والد را بر پایه صفات مطلوب و مورد نظر گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای انجام داد. هم‌چنین، با توجه به تلاش پژوهندگان برای کاهش حجم داده‌ها در ارزیابی ژرم‌پلاسم، به منظور کاهش هزینه و زمان ارزیابی، از مجموع صفات کیفی مورد بررسی در این پژوهش، نقش بسزای درصد پروتئین دانه و حجم رسوب با SDS به عنوان صفات توجیه کننده بسیاری از روابط حایز اهمیت بود.

سپاسگزاری

هزینه‌های اجرای این طرح از محل اعتبارات طرح ملی تحقیقات شورای پژوهش‌های علمی کشور (طرح شماره ۱۱۳٤) و دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده است، که بدین وسیله تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

1. American Association of Cereal Chemists, USA.1995. Sodium dodecyl sulfate sedimentation test for durum wheat. AACC Method, AACC Inc., St. Paul, Min., USA.
2. Bahatt, G. M. and N. F. Derera. 1975. Genotype x environment interactions for heritabilities and correlations among quality traits in wheat. Euphytica 24: 597-604.
3. Bietz, J. A. 1987. Genetic and biochemical studies on nonenzymatic endosperm proteins. *In:* E. G. Heyne (Ed.), Wheat and Wheat Improvement. Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.
4. Blackman, J. A. and P. Payne. 1987. Grain quality. PP. 455-458. *In* : F. G. H. Lupton (Ed.), Wheat Breeding. Chapman and Hall, London.
5. Branlard, G. and M. Dardevet. 1985. Diversity of grain proteins and bread wheat quality. I. Correlation between gliadin bands and flour quality characteristics. J. Cereal Sci. 3: 329-343.
6. Bushuk, W. 1994. Wheat Production, Properties and Quality. Blakie Academic and Professionals, London.
7. Campbell, P., G. W. Wrigley and P. J. Cressey. 1987. Statistical correlations between quality attributes and grain protein composition for 71 hexaploid wheats used as breeding parents. Cereal Chem. 64(4): 293-299.
8. Carrillo, J. M. and D. D. Kasarda. 1990. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high-molecular weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. I. Grain yield and quality prediction tests. Theor. Appl. Genet. 79 (3): 321-330.
9. Cavuain, P. S. 1998. Technology of Bread-making. Blakie Academic and Professionals, London.
10. Fowler, D. B., J. Brydon and I. A. Delaroche. 1990. Environmental and genotype influence on grain protein concentration of wheat and rye. Agron. J. 82: 655-664.
11. Grama, A., P. J. Cressey and T. Lindly. 1987. Hexaploid wild emmer wheat derivatives grown under New Zealand conditions. I. Relationship between protein composition and quality parameters. N. Z. J. Agric. Res. 30: 35-43.
12. Gupta, R. B., F. Bekes and Y. Popineaut. 1995. Biochemical basis of flour properties in bread wheat. J. Cereal Sci. 21: 103- 116.
13. Gupta, R. B. and G. A. Palmer. 1994. Allelic variation 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. J. Cereal. Sci. 19: 9-17.
14. Gupta, R. B. and K. W. Shepherd. 1991. Genetic control and biochemical properties of some high molecular weight albumins in bread wheat. J. Cereal Sci. 13: 221-235.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]

15. Hamer, R. J. and P. L. Weegels. 1992. Prediction of the breadmaking quality of wheat: the use of HMW glutenin-A subunit-based quality scoring system. J. Cereal Sci. 15: 91-92.
16. Heyne, E. G. 1987. Wheat and Wheat Improvement. Am. Soc. Agron. Ins., Madison, WI, USA.
17. Hoseney, R. C. 1986. Principles of Cereal Science and Technology. AACC. Inc., Minnesota, USA.
18. International Association for Cereal Science and Technology (ICC). 1998. ICC Standard Methods. No. 105/2-110/2- 115/7- 116/1-151-202-207, ICC Pub., Vienna.
19. Johnson, D. E. 1998. Applied Multivariate Methods for Data Analysis. Dunbury Press, New York.
20. Kolster, P. and K. F. Krechting. 1991. Quantitative variation of total and individual high molecular weight glutenin subunits of wheat in relation to variation in environmental conditions. J. Sci. Food. Agric. 57: 505-515.
21. Kunerth, W. H. and B. L. Appolonia. 1987. Use of mixograph and farinograph in wheat quality evaluation. PP. 27-51. *In*: H. Faridi (Ed.), Rheology of Wheat Products. AACC Inc., St. Paul., Min., USA.
22. Laszity, R. L. 1986. The Chemistry of Cereal Protein. CRC Press Inc., Boca Roton, Florida.
23. Lorenzo, A. and W. E. Kronstade. 1987. Relationship between HMW glutenin subunits and loaf volume in wheat as measured by the sodium dodecyl sulphate sedimentation test. Crop Sci. 27: 253-257.
24. Payne, P. I. and L. M. Holt. 1984. Wheat storage proteins: their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. Philos. Trans. R. Soc. London 304: 359-371.
25. Pomeranz, Y. 1988. Wheat Chemistry and Technology. Volume II. Am. Assoc. of Cereal Chem. Inc., St. Paul, Min., USA.
26. Rahman, A. 1987. Manual of Wheat Breeding Procedures. FAO, Rome.
27. Silvela, L. and M. C. Ayuso. 1993. Genetic and environmental contributions to bread wheat flour quality using the SDS sedimentation test as an index. Theor. Appl. Genet. 86: 889- 894.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1381.6.2.10.4]