

مقایسه کارایی آزمون های کیفی طبقه بندی گندم با تاکید بر روش نوین ژل گلوٹنین ماکروپلیمر

مهديه قمری^۱، سیدهادی پیغمبردوست^{۲*}، سیدعباس رأفت^۳

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۲۴)

چکیده

در این پژوهش کارایی آزمون های کیفی طبقه بندی گندم با تاکید بر روش نوین ژل گلوٹنین ماکروپلیمر در ارزیابی کیفیت نانوائی و طبقه بندی کیفی چند رقم گندم ایرانی مورد بررسی قرار گرفت. شاخص های ارزیابی کیفیت گندم نظیر تست زلنی و عدد رسوبی SDS با روش GMP در ارزیابی شاخص های نانوائی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان دادند که مقدار پروتئین خام همبستگی معنی داری با خواص نانوائی (حجم و ارتفاع نان) ندارد. آزمون های کیفی عدد زلنی، عدد رسوبی SDS و وزن مرطوب ژل GMP همگی ارتباط و همبستگی مطلوبی اما با ضرایب اهمیت متفاوت با حجم و ارتفاع نان نشان دادند. نتایج آزمون رگرسیون PLS ضریب تأثیر و اهمیت آزمون GMP در پیش بینی خواص نانوائی را بیشتر از بقیه آزمون ها اعلام نمود. بنابراین وزن مرطوب ژل پروتئینی می تواند به عنوان یک روش پیش بینی کننده خوب برای کیفیت نانوائی منظور گردیده و با توجه به اینکه از نمونه های بسیار کم آرد در این آزمون استفاده می شود در کارهای اصلاح ژنتیکی به عنوان فاکتوری مهم برای غربالگری کیفی بین نمونه های گندم محسوب شود. آزمون PLS همچنین طبقه بندی کیفی بین ارقام گندم مورد مطالعه با در نظر گرفتن آزمون های مختلف مورد استفاده برای تبیین صفات کیفی مورد نظر (حجم و ارتفاع نان) ارائه داد که در نتیجه گندم ها در دو دسته کیفی قوی و ضعیف طبقه بندی شدند.

کلید واژه گان: گندم، نان، طبقه بندی، گلوٹنین ماکروپلیمر (GMP)، کیفیت

۱- مقدمه

روش تهیه پخت نان بوده (در آزمایشگاه های مختلف از روش های متفاوتی برای پخت نان استفاده می شود) و از طرف دیگر نیاز به مقادیر کافی گندم و آرد دارد تا بتوان تکرارهای مناسبی برای حصول اطمینان از نتیجه بکار گرفت. مورد اخیر در مواردی که دسترسی به مقادیر لازم گندم جهت پخت استاندارد نان محدود می باشد، مشکل محسوب می شود. در مطالعات ژنتیکی جهت اصلاح ارقام گندم معمولاً تولید گندم های نسل اول محدود بوده و تکافوی مقدار مورد نیاز برای ارزیابی

نان غذای اصلی آحاد جامعه بوده و در اشکال گوناگون عنوان یک کالای اساسی و استراتژیک در سبد غذایی مردم محسوب می شود. اگر از تأثیر سایر عوامل نظیر تغییرات در روش تولید صرف نظر شود، می توان گفت که کیفیت نان در درجه اول تابع ویژگی های کیفی گندم مورد استفاده برای تهیه آن می باشد. برای ارزیابی کیفیت نانوائی گندم متداول ترین روش پخت نان و ارزیابی حجم نان بدست آمده می باشد [۱]. این روش ارزیابی از یک طرف تا حدود زیادی وابسته به

* مسئول مکاتبات: peighamardoust@tabrizu.ac.ir

پیش بینی خواص کیفی واریته های گندم و محصول نهایی آنها مطرح می باشد [۵-۹]. مطالعات انجام گرفته در منابع علمی اندازه گیری خواص کمی و کیفی رسوب (ژل) پروتئین های GMP در محلول (SDS) را به عنوان روش نوینی برای پیش گویی خواص کیفی گندم، خمیر و نان مطرح نموده اند [۵، ۶، ۷، ۸-۱۰]. پژوهشگران مختلفی به اهمیت تعیین مقدار و ترکیب لایه ژل GMP جدا شده برای کاربردهای ارزیابی کیفیت نان پرداخته اند [۱۰-۱۴]. تعدادی از این محققان نشان دادند که بین مقدار و ترکیبات "زیرواحدهای گلوئین با وزن ملکولی بالا" (HMWGS) و خصوصیات خمیر و کیفیت نانوائی رابطه مستقیم وجود دارد [۱۵-۱۸]. دن و همکاران (۲۰۰۳) با مشاهده ذرات گلوئین جدا شده از ژل GMP گزارش نمودند اندازه این ذرات رابطه مستقیم با خصوصیات خمیر دارد بطوریکه هرچه اندازه ذرات گلوئین در ژل بزرگتر باشد خمیر مدت زمان بیشتری برای مخلوط کردن لازم دارد و در واقع با استناد به اندازه اولیه این ذرات در آرد گندم زمان مخلوط کردن بهینه و خواص رئولوژیکی خمیر تعیین می گردد [۶]. با نگرشی اجمالی نسبت به تحقیقات انجام گرفته معلوم می گردد که اکثر نتایج منتشر شده رابطه قوی و تعیین کننده ای بین گلوئین های با وزن مولکولی بالا و خواص نانوائی گندم ها ارائه می دهند [۶، ۱۵-۱۸].

براساس اطلاعات موجود، تاکنون در ایران تحقیقی در زمینه استفاده از آزمون GMP برای طبقه بندی کیفی گندم ها انجام نگرفته است. در روش استفاده از ژل GMP می توان با داشتن مقدار کم (چند گرم) نمونه گندم نسبت به استخراج پروتئینهای با وزن ملکولی بالا از طریق رسوب ژل پروتئینی و ارزیابی کمی و کیفی آن اقدام کرد که اطلاعات دقیقی در مورد خواص کیفی خمیر و نان ارائه می کند. استفاده از این روش در مطالعات ژنتیکی اصلاح گندم که مقدار نمونه گندم محدود می باشد، می تواند اهمیت زیادی داشته باشد. امروزه استفاده از حجم نمونه های کم در آزمون های مختلف و غربالگری ارقام مختلف گندم و همچنین طبقه بندی آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. از مزایای دیگر این روش سرعت زیاد آن است به طوری که در یک روز، تعداد زیادی نمونه قابل آنالیز هستند [۱۹]. به علاوه در روش های متداول ارزیابی کیفیت گندم (ارزیابی های رئولوژیک خمیر و پخت نان) به دلیل طولانی بودن و خطاپذیری زیاد در مراحل گوناگون، قابلیت

کیفیت نانوائی آنها را نمی کند. لذا وجود روش سریعی که بتواند کیفیت محصول نهایی (نان) را از طریق ارزیابی نمونه های محدود گندم پیش بینی کرده و قابلیت تکرار پذیری با احتمال خطای کمتر داشته باشد، ضروری بنظر می رسد. معمولاً اندازه گیری مقدار پروتئین گندم بعنوان گزینه ای ابتدایی مطرح می باشد که در برنامه های خرید گندم مد نظر قرار می گیرد. اما این تست لزوماً نمی تواند کیفیت گندم و به تبع آن کیفیت نان را پیش بینی نماید چراکه گندمهایی وجود دارند که با داشتن درصد پروتئین بالا کیفیت نانوائی مطلوبی ارائه نمی دهند. لذا ارزیابی کیفیت پروتئین گندم در کنار اندازه گیری کمیت آن اهمیت دارد. یکی از روش های موجود برای ارزیابی کیفیت پروتئین گندم اندازه گیری اندیس رسوب پروتئین یا آزمایش رسوب زلنی می باشد. این روش اولین بار توسط زلنی [۲] ارائه گردید و سپس توسط آکسفورد و همکاران [۳، ۴] به طور تکمیلی به عنوان روش آزمایشی در مقیاس کوچک برای ارزیابی خواص نانوائی گندم در برنامه های اصلاح ژنتیکی مطرح شد. هرچند که روش زلنی روشی آسان به نظر می رسد اما به دلیل نیاز به استفاده از محلول های چندگانه و نیز استفاده از اندازه گیری های اختیاری زمان در طی چند مرحله از آزمایش رسوب که بستگی به نظر شخص آزمایشر دارد، در واقع روشی پیچیده و توأم با خطا محسوب می شود [۵].

پروتئین مهم گندم گلوئن است که از دو جزء گلیادین و گلوئین تشکیل شده و هر کدام دارای خواص کاربردی متفاوتی هستند. گلیادین ها بیشتر مسئول خواص ویسکوز و گلوئین ها مسئول خواص الاستیک خمیر هستند [۶]. در گذشته برای تعیین کیفیت گندم از تعیین میزان پروتئین کل استفاده می شد، اما از آن جهت که تمام پروتئین های گندم برای کیفیت نانوائی مناسب نیست و تنها پروتئین های گلوئن دارای خاصیت نانوائی می باشد، این روش منسوخ شده و تعیین کیفیت نانوائی با استفاده از اندازه گیری میزان گلوئن به روش شستشو و تعیین وزن مرطوب گلوئن و همچنین روش رسوب زلنی انجام می گردد [۱].

اندازه گیری میزان رسوب جزء پلیمری گلوئن گندم که به گلوئین ماکروپلیمر^۱ (GMP) موسوم گشته است در محلول سدیم دو دسیل سولفات^۲ (SDS) به عنوان روشی نوین برای

1. Glutenin Macro-polymer
2. Sodium Dodecyl Sulphate

(۱۹۹۹) به شرح ذیل استفاده گردید [۲۲]: مقدار ۰/۶ گرم آرد مورد آزمون را در لوله استوانه ای ۱۵ سانتیمتری ریخته و به آن ۴ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید. سپس ۲۰ ثانیه توسط مخلوط کن ورتکس^۲ مخلوط شده، بعد از ۵ دقیقه استراحت دوباره ۱۰ ثانیه عمل مخلوط کردن تکرار گردید. بعد از ۵ دقیقه استراحت، ۱۲ میلی لیتر محلول رسوب SDS (نسبت حجمی ۱ به ۴۸ از SDS ۲۰٪ و اسید لاکتیک ۸۵٪ در آب) به محتویات لوله اضافه شده و به مدت ۴۰ ثانیه در شیکر زلنی عمل مخلوط کردن انجام گردید. بعد از ۵ دقیقه استراحت دوباره به مدت ۴۰ ثانیه در شیکر زلنی مخلوط کردن ادامه یافت. پس از این مدت لوله آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه به صورت عمودی روی یک سطح صاف بدون شیب قرار گرفته و حجم رسوب یادداشت گردید.

۲-۵- اندازه گیری مقدار رسوب زلنی

برای تعیین عدد رسوبی یا عدد زلنی از روش AACC به شماره ۱۱-۵۴ استفاده گردید [۲۰].

۲-۶- استخراج GMP

برای انجام این آزمون از روش خراولند^۳ (۱۹۸۰) [۱۱] با اعمال اصلاحاتی به شرح ذیل استفاده شد. مقدار ۰/۱ گرم نمونه آرد به اضافه ۱/۴ میلی لیتر محلول SDS ۱/۵٪ در میکروتیوپ ۱/۵ میلی لیتری پلاستیکی ریخته شد. این تیوپ ها باید از لحاظ استحکام قوی بوده تا در دور بالای مورد استفاده در سانتریفوژ نشکنند، لذا از میکروتیوپ های خارجی (ساخت آلمان) استفاده گردید. ابتدا ۰/۷ میلی لیتر محلول SDS در میکروتیوپ ریخته شده، سپس آرد و بقیه محلول اضافه گردید. این کار از کلوخه شدن و چسبیدن نمونه به جداره ها جلوگیری می کند. سپس با استفاده از مخلوط کن ورتکس در شدت بالا ذرات آرد در محلول بخوبی پراکنده گردید. میکروتیوپ ها در دستگاه سانتریفوژ (Beckman Avanti 30) ساخت کشور آمریکا، به مدت ۵۵ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد تحت شتاب $40000 \times g$ (۲۱۱۵۰ دور در دقیقه) سانتریفوژ شدند. بعد از سانتریفوژ کردن سوسپانسیون آرد، محصول بدست آمده به صورت سه لایه به ترتیب (از بالا به پایین) مایع فوقانی^۴ (حاوی پروتئینهای

تکرار پذیری (در یک آزمایشگاه و بین آزمایشگاههای مختلف) مشکل ساز می باشد. استفاده از آزمون GMP برای پیشگویی خواص خمیر و حجم نان روشی ساده، کوتاه با قابلیت تکرارپذیری بالا در مقایسه با سایر روش ها می باشد. لذا هدف این پژوهش استفاده از آزمون ژل GMP در مقایسه با روشهای کیفی متداول دیگر برای طبقه بندی چند رقم از ارقام گندمهای ایرانی با کیفیت نانوائی مختلف می باشد. عبارت دیگر میزان همبستگی و ارتباط آزمونهای مختلف ارزیابی کیفیت گندم (مقدار پروتئین، رسوب زلنی، رسوب SDS و آزمون نوین GMP) با حجم و ارتفاع نان مورد مطالعه قرار می گیرد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- واریته های گندم

نمونه های گندم شامل ۱۳ رقم با کیفیت نانوائی مختلف از گندمهای ایرانی (کشت شده در سال ۱۳۸۶ در کشور) که با مساعدت مرکز اصلاح بذور وزارت کشاورزی (کرج) تهیه گردید. ارقام مورد آزمون عبارت بودند از: ارقام با کیفیت نانوائی ضعیف (سرداری، الموت، شیروزی، دز)، ارقام با کیفیت نانوائی متوسط (هامون، آذر ۲، مرودشت، داراب ۲) و ارقام با کیفیت نانوائی قوی (زرین، بزوستایا، انیسا، پیشناز، تجن).

۲-۲- تهیه آرد از گندم

نمونه های گندم پس از انتخاب توسط آسیاب آزمایشگاهی بولر تا درصد استخراج ۷۵٪ آسیاب شدند (روش AACC ۳۰-۲۶) (A) [۲۰].

۲-۳- اندازه گیری مقدار پروتئین کل

مقدار پروتئین کل نمونه های آرد توسط دستگاه NIR با روش ارائه شده توسط ویلیامز^۱ (۱۹۹۳) اندازه گیری گردید [۲۱]. دستگاه NIR در اندازه گیری پروتئین قبل از استفاده با روش متداول کجالدال کالیبره گردید.

۲-۴- اندازه گیری رسوب سدیم دودسیل

سولفات (SDS)

رسوب SDS مشابه رسوب زلنی برای تعیین کیفیت گندم به کار می رود. برای انجام این آزمون از روش کارتر و همکاران

2. Vortex mixer
3. Graveland
4. Supernatant

1. Williams

گرم خمیر در قالب های کوچک به ابعاد $40 \times 30 \times 30$ میلی متر انجام گرفت. برای پخت نان از دستگاه فر پخت نان کارگاهی (ساخت شرکت Voss آلمان) مجهز به محفظه های جداگانه تخمیر و پخت با قابلیت تزریق بخار فشرده استفاده شد. مراحل فرآیند تخمیر و پخت نان حجیم کوچک به طور خلاصه به صورت زیر می باشد:

مخلوط کردن مواد اولیه - تخمیر اولیه (۳۰ دقیقه، ۳۰ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی ۷۵٪) - چانه گیری، ورز دادن، رول کردن و قرار دادن در قالب - تخمیر نهایی (۶۰ دقیقه، ۳۰ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی ۸۰٪) - پخت (۳۰ دقیقه، دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد) - خنک کردن.

۲-۹- اندازه گیری حجم و ارتفاع نان

جهت اندازه گیری حجم از روش حجم سنجی جابجایی دانه کلزا استفاده گردید [۲۳]. پس از انجام برش طولی قرص نان ارتفاع آن با خط کش اندازه گیری گردید. در این مطالعه آزمون مستقیم پخت نان (اندازه گیری حجم و ارتفاع نان) به عنوان روش تکمیلی ارزیابی کیفیت گندم مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمون ها در ۳ تکرار انجام شد. همبستگی ساده خطی یا پیروسون بین آزمونهای مختلف و صفات نان محاسبه گردید. رگرسیون یکی از ابزارهای مهم برای پیش بینی متغیرهای وابسته از روی متغیرهای مستقل می باشد. اما در برخی مطالعات معایبی وجود دارد که تحلیل رگرسیونی (رگرسیون حداقل مربعات) را نامعتبر می سازد. یکی از این معایب وجود هم خطی بین متغیرهای مستقل یا توضیحی می باشد. بنابراین محققان روشهای جدیدی برای بنا کردن معادله پیش بینی ارائه داده اند که روش رگرسیونی موسوم به "کمترین مربعات جزئی^۱ (PLS)" است [۲۴]. در این روش مؤلفه های جدیدی تعاملی که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هستند ایجاد شده سپس از این مؤلفه ها برای ساختن معادله رگرسیونی استفاده می شود. به منظور طبقه بندی آردهای مورد آزمون و روابط بین متغیرهای وابسته (حجم و ارتفاع نان) و مستقل (مقدار پروتئین، رسوب زنی، رسوب SDS و وزن مرطوب GMP) از روش رگرسیون PLS با استفاده از نرم افزار XLSTAT [۲۵] استفاده گردید. در آزمون رگرسیون PLS همه متغیرهای

محلول در SDS)، ژل GMP و نشاسته بدست آمد (شکل ۱).



شکل ۱. لایه های جدا شده از آرد گندم بعد از فرآیند اولتراسانتریفوگاسیون در حضور سدیم دودسیل سولفات. ژل GMP به صورت لایه ای روی نشاسته تشکیل می شود که به سهولت قابل جداسازی می باشد.

۲-۷- اندازه گیری وزن مرطوب ژل پروتئینی

بعد از اتمام سانتریفوژ کردن، مایع فوقانی (شکل ۱) به آهستگی جدا شده و دور ریخته شد. لایه ژل GMP به دقت (بدون بقایای نشاسته) برداشته شده و به ظرف اندازه گیری درپوش دار قبلاً توزین شده منتقل گردید. توزین نمونه با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ (شرکت Sartorius) انجام گردید و به صورت گرم وزن مرطوب ژل به ازاء ۱۰۰ گرم ماده خشک نمونه آرد بیان گردید. در این مطالعه پس از استخراج ژل GMP، وزن مرطوب آن برای تمامی ارقام اندازه گیری شد.

۲-۸- پخت نان

برای پخت نان حجیم از روش پخت در مقیاس کوچک استفاده گردید. خمیر مورد نیاز در یک مخلوط کن خانگی اسپیرال ۲ کیلوگرمی Clatronic مدل KM3067 تهیه شد. مقدار آب مورد استفاده برای تهیه خمیر با توجه به درصد جذب آب فارینوگرافی هر آرد افزوده شد. برای تهیه خمیر از ۲٪ مخمر نانوائی (ساخت شرکت فریمان مشهد)، ۲٪ نمک طعام تصفیه شده بدون ید (تهیه شده از بازار محلی) و ۳/۰٪ بهبود دهنده نانوائی (ساخت شرکت ایکاپلاس ترکیه) استفاده شد. مدت زمان مخلوط کردن خمیر برای هر آرد، زمان توسعه خمیر از نتایج آزمون فارینوگرافی آردها انتخاب گردید. بعد از سپری شدن دوره های تخمیر اولیه و نهایی، پخت نان از ۲۰

1. Partial Least Squares

۲-۳- آزمون رسوب زلنی و SDS

جدول ۱ نتایج اندازه گیری رسوب زلنی و SDS را نشان می دهد. بر اساس این نتایج رقم الموت دارای کمترین حجم رسوب و ارقام اینیا و بزوستایا دارای بیشترین میزان رسوب بودند. در دسته بندی کیفی رقم الموت جزو ارقام با کیفیت نانوائی ضعیف و ارقام بزوستایا و اینیا از دسته با کیفیت نانوائی مطلوب طبقه بندی شده اند. ارقامی نیز وجود دارند (مانند دز) که با وجود ضعیف گزارش شدن، از حجم های رسوب بالاتری برخوردار بودند یا با وجود قوی گزارش شدن (مانند پیشتاز و تجن)، حجم های رسوب پائینی نشان داده اند. پژوهشگران دیگر [۳، ۴، ۲۷-۳۰] نیز نشان از آزمون های کیفی در مقیاس کوچک مانند رسوب زلنی و SDS در ارزیابی کیفیت گندم استفاده کرده اند. هرچند این آزمون ها تا حدود زیادی برای ارزیابی کلی کیفیت آرد و گندم در آزمایشگاههای غلات مورد استفاده قرار می گیرند اما به طور مطلق نمی توان از این آزمون ها برای مقایسه و طبقه بندی ارقام مختلف گندم به ویژه در مطالعات ژنتیکی و بهنژادی گندم استفاده نمود [۲۸]. لذا اکتفا نمودن به اندازه گیری میزان رسوب پروتئین ها در آزمونهای زلنی و SDS همانند آزمون اندازه گیری مقدار کل پروتئین به تنهایی قادر به تفکیک و دسته بندی کیفی آردها نمی باشد و لزوم آزمونهای اختصاصی دیگر مانند آزمون GMP که به ارزیابی جزء ماکروپلیمری گلوتن گندم می پردازد برای تکمیل ارزیابی ها ضروری می باشد.

۳-۳- آزمون وزن مرطوب GMP

همانطور که از نتایج اندازه گیری وزن مرطوب ژل GMP در جدول ۱ ملاحظه می شود مقدار ژل استخراج شده از ارقام با کیفیت نانوائی قوی (بزوستایا، اینیا، پیشتاز و تجن) در مقایسه با ارقام ضعیف (الموت، سرداری، شیرودی و دز) بیشتر می باشد. رقم الموت با میانگین وزن ۱۲۸ گرم کمترین و رقم اینیا با میانگین وزن ۲۳۲ گرم بیشترین وزن مرطوب ژل را دارا بودند. اندازه گیری میزان رسوب GMP به عنوان روشی نوین و کاملاً اختصاصی برای ارزیابی کیفی واریته های گندم توسط پژوهشگران مختلف پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار گرفته است [۵-۹].

مستقل و وابسته بر روی نقشه ای دایره ای شکل رسم گردیده و با تجزیه و تحلیل آن مشخص می شود که کدام یک از متغیرهای مستقل صفات وابسته را به خوبی توجیه می نماید [۲۴]. بدین ترتیب یک نقشه همبستگی ها ترسیم می شود تا همه روابط بین متغیر ها به صورت دو جزء t_1 و t_2 در روی آن قابل ملاحظه باشند. متغیرهایی که در وسط نقشه باشند همبستگی ضعیفی را نشان می دهند [۲۵].

در مدل رگرسیون PLS ضرایب VIP منعکس کننده اهمیت هر متغیر مستقل X در هر دو امتیاز X و Y می باشد چراکه امتیازات متغیرهای وابسته Y از روی امتیازات متغیرهای مستقل X پیشگویی می شوند. ضرایب VIP برای هر متغیر مستقل به ازاء هر واحد افزایش تعداد مؤلفه ها در آزمون رگرسیون PLS را نشان می دهد. نرم افزار XLSTAT همچنین ضرایب استاندارد شده VIP را رسم می کند تا اثر تک تک متغیرهای مستقل بر روی متغیرهای وابسته به آسانی قابل مشاهده باشد [۲۶].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اندازه گیری پروتئین

نتایج اندازه گیری پروتئین در آرد های مورد آزمون در جدول ۱ نشان داده شده است. تغییرات مقدار پروتئین در واریته های مورد آزمون به صورت پراکنده بوده و از روند خاصی پیروی نمی کند. علت این امر مربوط به این است که مقدار پروتئین شاخص خوبی برای تفکیک گندم بر اساس قوت یا ضعف آنها نمی باشد. ارقامی هستند که با وجود داشتن مقدار پروتئین کم، کیفیت خوب دارند و برعکس ارقامی با داشتن مقدار پروتئین بالا جزو دسته ضعیف می باشند. به عبارت دیگر نمی توان از روی مقدار پروتئین گندم کیفیت نانوائی آن را مورد ارزیابی قرار داد. محققین دیگر نیز در یافته های خود به نتایج مشابه رسیده اند [۳، ۵، ۱۰].

جدول ۱ نتایج اندازه گیری مقدار کل پروتئین، وزن مرطوب ژل GMP، رسوب زلنی و رسوب SDS در آرد های مورد آزمون

ارقام گندم	پروتئین (درصد)	رسوب زلنی (میلی لیتر)	ارتفاع رسوب SDS (میلی متر)	وزن مرطوب GMP (گرم به ازاء ۱۰۰ گرم وزن خشک آرد)
ضمیمه	سرداری	۲۴/۰±۰/۹ ^{cd}	۱/۳۹±۰/۱ ^g	۱۴۶±۱۱/۲ ^{de}
	الموت	۱۲/۹±۰/۱ ^g	۰/۸۳±۰/۱ ^j	۱۲۸±۴/۶ ^e
	شیرودی	۲۳/۲±۱/۷ ^{cde}	۱/۷۴±۰/۱ ^e	۱۶۳±۶/۷ ^{cd}
	دز	۲۵/۱±۰/۶ ^c	۲/۲۲±۰/۱ ^c	۱۶۸±۱۱/۹ ^{cd}
متوسط	هامون	۲۳/۳±۰/۵ ^{cd}	۱/۵۹±۰/۱ ^f	۱۳۲±۲۴/۹ ^{de}
	آذری	۱۹/۵±۱/۱ ^f	۱/۳۱±۰/۱ ^h	۱۴۱±۱۷/۴ ^{de}
	مرودشت	۱۹/۳±۰/۱ ^f	۱/۰۶±۰/۱ ⁱ	۱۵۷±۳/۵ ^{cd}
	داراب ۲	۲۲/۵±۱/۴ ^{ed}	۲/۰۷±۰/۱ ^d	۲۳۰±۵/۷ ^a
قوی	زرین	۲۲/۲±۰/۴ ^{cd}	۲/۱۸±۰/۱ ^c	۲۱۲±۹/۵ ^{ab}
	بزوستایا	۳۱/۴±۰/۵ ^a	۲/۷۶±۰/۱ ^a	۲۱۹±۱۳/۲ ^{ab}
	انییا	۲۸/۴±۰/۵ ^b	۲/۵۹±۰/۱ ^b	۲۳۲±۲۰/۱ ^a
	پیشناز	۲۰/۸±۰/۳ ^{ef}	۱/۵۵±۰/۱ ^f	۱۶۴±۹/۲ ^{cd}
	تجن	۲۲/۲±۱/۰ ^{ed}	۱/۷۴±۰/۱ ^e	۱۸۶±۱۳/۰ ^{bc}

داده های جدول میانگین سه تکرار می باشند. حروف لاتین غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده معنی دار بودن با سطح احتمال ۹۵٪ می باشد.

جدول ۲ نتایج اندازه گیری ارتفاع و حجم نان برای ارقام گندم مورد مطالعه

ارقام گندم	ارتفاع قرص نان (سانتی متر)	حجم نان (میلی لیتر)
ضمیمه	سرداری	۳/۸±۰/۱ ^{fg}
	الموت	۳/۶±۰/۱ ^{gh}
	شیرودی	۴/۲±۰/۱ ^e
	دز	۳/۸±۰/۱ ^f
متوسط	هامون	۳/۵±۰/۱ ^h
	آذری	۳/۷±۰/۱ ^{fg}
	مرودشت	۳/۸±۰/۱ ^f
	داراب ۲	۴/۴±۰/۳ ^{cd}
قوی	زرین	۴/۶±۰/۱ ^{bc}
	بزوستایا	۵/۵±۰/۱ ^a
	انییا	۵/۵±۰/۱ ^a
	پیشناز	۴/۳±۰/۱ ^{de}
	تجن	۱۱/۷±۰/۱ ^b

داده های جدول میانگین سه تکرار می باشند. حروف لاتین غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده معنی دار بودن با سطح احتمال ۹۵٪ می باشد.

۳-۴- آزمون پخت نان

نتایج اندازه‌گیری حجم و ارتفاع نان به عنوان متداول‌ترین فاکتورهای مورد بررسی در ارزیابی خواص نانوائی گندم در جدول ۲ نشان داده شده است. واریته های قوی ارتفاع نان بیشتری نسبت به واریته های متوسط و ضعیف نشان دادند. البته داده های حجم نان در مورد برخی واریته ها اختلاف معنی داری با هم نشان نداد و نوعی هم پوشانی بین برخی از واریته های متوسط و قوی دیده شد. در این پژوهش دسته بندی اولیه کیفی ارقام گندم مورد مطالعه صرفاً بر اساس اطلاعات شناسنامه ای واریته های گندم مورد نظر در مرکز اصلاح بذر می باشد. با توجه به اینکه آنالیزهای مورد استفاده برای طبقه بندی این گندم ها در مبدأ معلوم نیست و احتمالاً از آزمونهای متفاوتی برای طبقه بندی استفاده شده اطلاعات اولیه نمی تواند تصویر دقیقی ارائه نماید چراکه در مورد برخی واریته ها با توجه به آزمونهای کیفی انجام شده همپوشانی دیده می شود. در واقع هدف این مطالعه نیز بررسی میزان ارتباط و دقت آزمونهای کیفی متداول و نیز آزمون نوین GMP در تبیین خواص نانوائی گندمهای مورد مطالعه می باشد.

۳-۵- همبستگی بین فاکتورهای کیفی اندازه-**گیری شده با خواص نانوائی**

نمودار همبستگی بین مقدار پروتئین با ارتفاع و حجم نان به ترتیب در شکل های ۲-الف و ۳-الف نشان داده شده است. آزمون رگرسیون پیرسون نشان داد که رابطه معنی داری بین مقدار پروتئین و خواص نانوائی وجود ندارد این نتایج همراستا با یافته های دیگر پژوهشگران می باشد که رابطه معنی داری بین مقدار پروتئین با خواص نانوائی مشاهده نکردند [۳، ۵، ۱۰]. لذا مقدار پروتئین شاخص خوبی برای طبقه بندی واریته های گندم نبوده و لزوم انجام آزمون های اختصاصی دیگر برای ارزیابی کیفیت گندم ضروری می باشد. برخلاف مقدار پروتئین، کلیه شاخصهای کیفی مورد بررسی در این پژوهش همبستگی معنی داری ($p < 0.01$) با خواص نانوائی نشان دادند. در مورد ویژگی ارتفاع نان بالاترین ضریب همبستگی مربوط به وزن مرطوب GMP بود (شکل ۲).

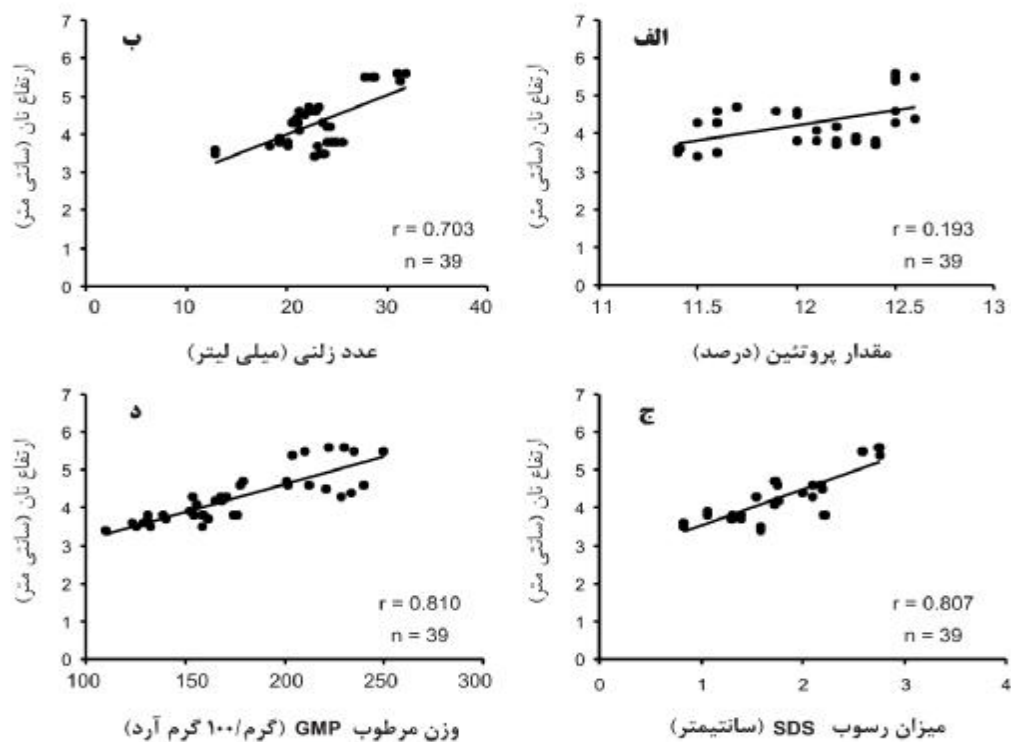
هرچند که میزان رسوب SDS و عدد زلنی نیز با داشتن ضرایب همبستگی به ترتیب ۰/۸۰۷ و ۰/۷۰۳ ارتباط معنی داری ($P < 0.01$) با ارتفاع نان ارائه دادند. در مورد ویژگی حجم نان (شکل ۳) نیز روند مشابهی دیده می شود طوریکه شاخص های رسوب زلنی، وزن مرطوب GMP و عدد زلنی به ترتیب با مقادیر ۰/۷۵۵، ۰/۷۱۶ و ۰/۶۲۲ بیشترین ضرایب همبستگی را با حجم نان به خود اختصاص دادند ($P < 0.01$). همبستگی بین مقدار پروتئین با حجم نان نیز همانند ویژگی ارتفاع نان غیر معنی دار به دست آمد.

نتایج ارائه شده در شکل های ۲ و ۳ همبستگی معنی داری بین وزن مرطوب ژل GMP با حجم و ارتفاع نان نشان دادند. جزء پلیمری پروتئین گلوتمین گندم مهمترین جزء در ایجاد شبکه گلوتمی در ساختار نان بوده و ارتباط مستقیم با کیفیت نانوائی ارقام گندم دارد. نتایج تحقیقات پژوهشگران دیگر [۵، ۹، ۱۶، ۱۷] در رابطه با همبستگی کیفیت نانوائی گندم با وزن مرطوب ژل GMP، تأیید کننده یافته های این پژوهش می باشد.

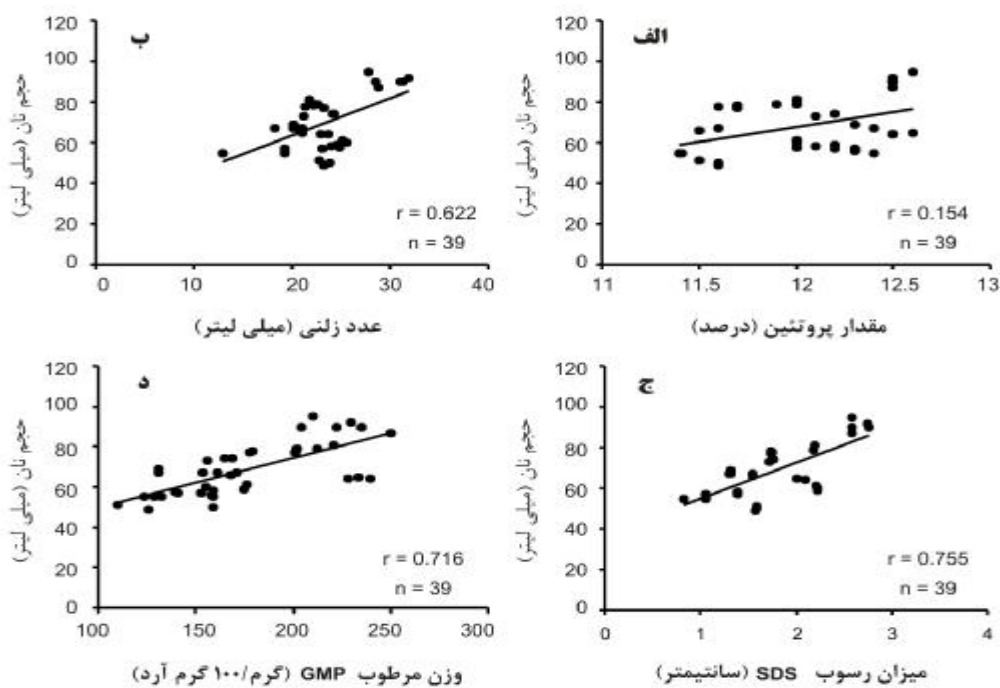
۳-۵- آزمون رگرسیون PLS: ارزیابی اهمیت**شاخص های کیفی در بررسی خواص نانوائی**

در آزمون رگرسیون PLS انواع آزمونهای مورد استفاده برای بررسی کیفیت گندم (پروتئین، عدد رسوبی SDS، عدد زلنی و عدد GMP) به عنوان متغیرهای مستقل (X) و به ترتیب با کدهای اختصاری Pr، SDS، Zeleny، GMP و ویژگی های حجم (BV) و ارتفاع نان (BH) به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته می شوند. شکل ۴ آنالیز گروهی داده‌ها را در این آزمون نشان می‌دهد.

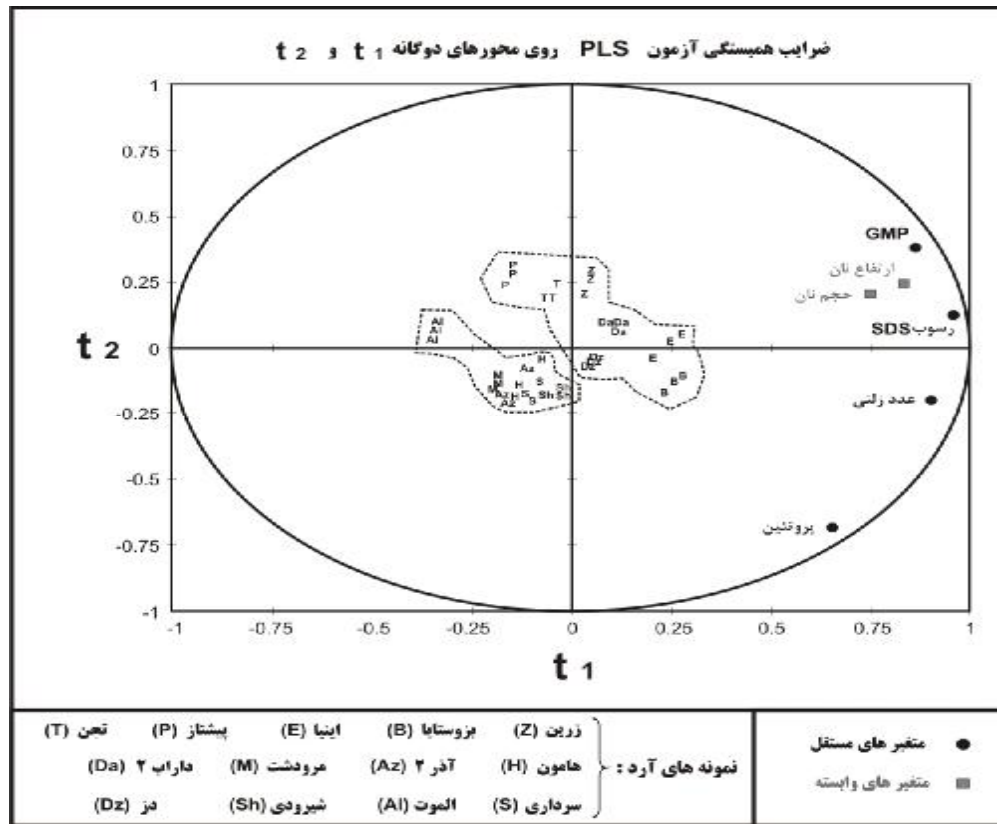
همانطور که از این شکل ملاحظه می‌شود رابطه بین درصد پروتئین آرد، میزان GMP، عدد زلنی و رسوب SDS آرد از یک طرف با حجم و از طرف دیگر با ارتفاع نان مورد بررسی قرار گرفته است. مزیت استفاده از روش رگرسیون PLS



شکل ۲ نمودارهای همبستگی پیرسون بین ارتفاع نان با (الف): مقدار پروتئین، (ب): عدد زلنی، (ج): میزان رسوب SDS و (د): وزن ژل GMP



شکل ۳ نمودارهای همبستگی پیرسون بین حجم نان با (الف): مقدار پروتئین، (ب): عدد زلنی، (ج): میزان رسوب SDS و (د): وزن ژل GMP



شکل ۴ آنالیز گروهی و دسته بندی آردها در گروه های نزدیک به هم (انواع آردها به همراه متغیرهای وابسته و مستقل)

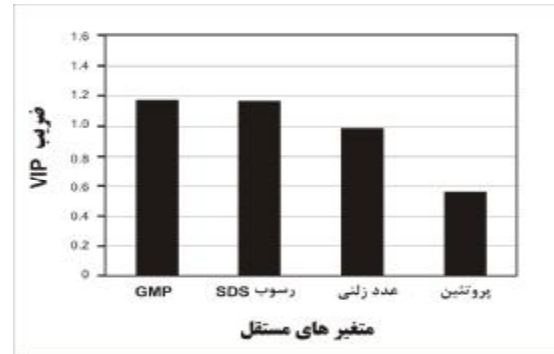
با کمترین ضریب در مدل دارد. براساس نظریه ولد^۱ (۱۹۹۴) [۳۱] در مدل رگرسیون PLS محقق می تواند اثر متغیرهایی که VIP کمتر از ۰/۸ دارند را نادیده بگیرد. در شکل ۵ نیز متغیر پروتئین با VIP کمتر از ۰/۶ از اهمیت بسیار کمی در پیشگویی خواص نانوائی دارد.

برای مشخص نمودن ضریب اهمیت و تأثیر متغیرهای مستقل مورد بررسی در این مطالعه (مقدار پروتئین، عدد زنی، رسوب SDS و وزن مرطوب ژل GMP) با تک تک متغیرهای وابسته (صفات نانوائی: ارتفاع و حجم نان) نمودار ضرایب VIP استاندارد شده برای تک تک متغیرهای وابسته در رگرسیون PLS ترسیم گردید. این نمودارها در شکل های ۶ و ۷ نشان داده شده اند. در این اشکال هر چه فاصله یک اثر از صفر بیشتر باشد اهمیت بالاتری پیدا می کند [۲۶].

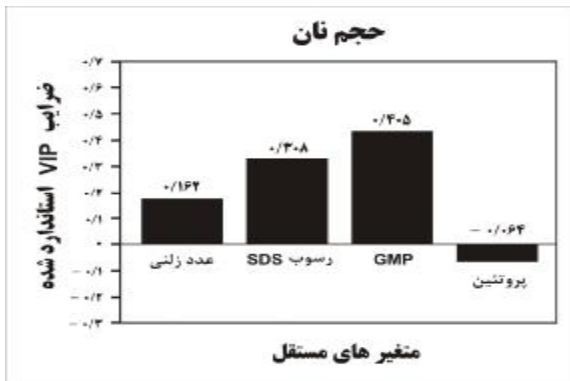
داشتن تمام نتایج یکجا بر روی یک دایره می باشد، که امکان بررسی بصری و طبقه بندی در حضور تمام متغیرها بدین گونه فراهم می شود. همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می شود ویژگی GMP و نیز رسوب SDS با هر دو متغیر t_1 و t_2 (حجم و ارتفاع نان) می تواند در یک گروه (ناحیه مثبت محور افقی و عمودی) قرار گیرد.

شکل ۵ ضرایب VIP برای هر متغیر مستقل به ازاء هر واحد افزایش تعداد مؤلفه ها در آزمون رگرسیون PLS را نشان می دهد. با این شکل مؤثرترین متغیرها و اهمیت آنها به سرعت شناسایی و تشخیص داده می شود. همان گونه که در این شکل ملاحظه می شود هر دو متغیر وزن مرطوب GMP و رسوب SDS نسبت به متغیر عدد زنی از بالاترین ضرایب (اهمیت) در مدل رگرسیون PLS برای پیشگویی خواص نانوائی (حجم و ارتفاع نان) برخوردار بوده و متغیر مقدار پروتئین سهم اندکی

SDS و آزمون GMP تقریباً مشابه و نزدیک هم گزارش گردیدند. در آزمون رگرسیون PLS (شکل ۴) نیز که ضریب اهمیت و تأثیر متغیرهای مستقل روی صفات نان (ارتفاع و حجم نان به عنوان متغیرهای وابسته) بررسی شد تفاوت معنی داری بین این دو آزمون دیده نشد و هر دو آزمون ضرایب VIP مشابهی ارائه دادند. آزمون رسوب SDS ارتباط نزدیکی با تورم رشته های پلیمری گلوٹنین داشته و حجم بالای رسوب در ارتباط با قدرت گلوٹن و فراهم کردن کیفیت نانوائی آن است [۲۲].



شکل ۵ نمودار ستونی اهمیت متغیرهای مستقل با در نظر گرفتن ضرایب VIP در پیشگویی پارامترهای وابسته (خواص نانوائی)

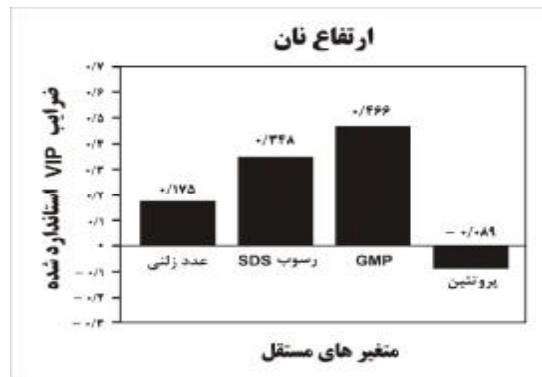


شکل ۷ نمودار ضریب اهمیت متغیرهای مستقل با متغیر وابسته حجم نان (در این نمودار بالاترین ضریب همبستگی بین GMP و حجم نان بدست آمده است).

اما با بررسی تأثیر اهمیت متغیرهای مستقل به صورت مجزا روی صفات نان در شکلهای ۵ و ۶ معلوم گردید که آزمون GMP در مقایسه با آزمون SDS و رسوب زلنی که به عنوان آزمون های متداول ارزیابی کیفیت گندم مطرح هستند نتایج بهتری در ارزیابی کیفیت نان (ارتفاع و حجم) ارائه می کند. ضرایب GMP برای ارتفاع و حجم نان به ترتیب ۰/۴۶۶ و ۰/۴۰۵ به دست آمد که نسبت به متغیرهای دیگر بیشتر می باشد. این نتایج تأیید کننده یافته های دیگر محققان می باشد که اهمیت جزء ماکروپلیمری گلوٹن در پیش گویی خواص نانوائی را گزارش نموده اند [۵، ۶، ۸].

همان طور که از شکل های ۶ و ۷ دیده می شود پروتئین فاصله بسیاری با پارامترهای ارتفاع و حجم نان داشته و میزان همبستگی بدست آمده از آن نیز منفی و به ترتیب -۰/۰۸۹ و -۰/۰۶۴ می باشد. اما این منفی بودن مقادیر همبستگی کمتر از ۰/۱ و نزدیک صفر می باشد یعنی میزان درصد پروتئین تأثیر معکوس نیز در حجم و ارتفاع نداشته و می توان گفت تأثیر آن بی معناست. در نمودار پراکنش نقاط نیز روند بی معنایی قابل

در شکل ۵ ضریب VIP برای هر دو متغیر وابسته (ارتفاع و حجم نان) به صورت توأم در نظر گرفته شده است و همانطور که مشاهده گردید تفاوتی بین متغیرهای مستقل GMP و رسوب SDS دیده نشد. اما هر دو متغیر نسبت به متغیر عدد زلنی ضرایب بالاتری نشان دادند. در نهایت مقدار پروتئین از کمترین ضریب اهمیت برخوردار بود. اما در شکلهای ۶ و ۷ ملاحظه می شود که با ارائه ضرایب VIP استاندارد شده کیفیت نتایج بهتر شده است. همانگونه که ملاحظه می شود از بین متغیرهای مستقل GMP بالاترین ضریب اهمیت را به خود اختصاص داده است.



شکل ۶ نمودار ضریب اهمیت متغیرهای مستقل با متغیر وابسته ارتفاع نان (در این نمودار بالاترین ضریب همبستگی بین GMP و ارتفاع نان بدست آمده است).

همانطور که قبلاً نیز ذکر گردید پروتئین های ماکروپلیمری گلوٹنین به عنوان مهمترین جزء گلوٹن گندم بوده که همبستگی بسیار قوی با خواص نانوائی گندم دارد. برای استخراج این پروتئین ها از محلول SDS استفاده می شود که وجه تشابه این آزمون با تست رسوبی SDS می باشد. لذا همبستگی بسیار نزدیکی بین این دو آزمون وجود دارد که در شکل های ۲، ۳ و به ویژه شکل ۴ دیده می شود. در شکلهای ۲ و ۳ ضرایب همبستگی آزمون رگرسیون پیرسون برای تست رسوب

(شامل ارقام موجود در گروه اول) و ارقامی که دارای مقادیر وزن ژل بدست آمده کمتر از ۱۷۴ گرم بودند در گروه ارقام با خصوصیت پایین نانوائی قرار می گیرند (شامل ارقام موجود در گروه دوم).

۴- نتیجه گیری کلی

در این پژوهش کاربرد آزمون نوین ژل GMP در مقایسه با اندازه گیری مقدار پروتئین و روشهای کیفی متداول دیگر نظیر عدد زلنی و عدد رسوبی SDS برای ارزیابی کیفیت نانوائی و طبقه بندی کیفی ارقام گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان دادند که مقدار پروتئین شاخص خوبی برای طبقه بندی و پیش بینی خواص نانوائی گندم محسوب نمی شود. آزمون های کیفی عدد زلنی، عدد رسوبی SDS و وزن مرطوب ژل GMP همگی ارتباط و همبستگی مطلوبی با خواص نانوائی نشان دادند. نتایج آزمون رگرسیون PLS ضریب تأثیر و اهمیت آزمون GMP در پیش بینی خواص نانوائی را بیشتر از بقیه آزمون ها نشان داد. طبقه بندی پیشنهادی برای ارقام گندم بر طبق نتایج بدست آمده از وزن مرطوب ژل GMP در این مطالعه به صورت زیر باشد: ارقامی که وزن مرطوب GMP بیشتر از ۱۷۴ گرم ژل به ازاء ۱۰۰ گرم ماده خشک آرد داشتند در گروه ارقام با خصوصیت مطلوب نانوائی و ارقامی که دارای مقادیر وزن ژل بدست آمده کمتر از ۱۷۴ گرم بودند در گروه ارقام با خصوصیت ضعیف نانوائی قرار می گیرند. بنابراین وزن مرطوب ژل پروتئینی می تواند به عنوان یک روش پیش بینی کننده خوب برای کیفیت نانوائی منظور گردیده و با توجه به اینکه از نمونه های بسیارکم آرد در این آزمون استفاده می شود در کارهای اصلاح ژنتیکی به عنوان فاکتوری مهم برای غربال گیری کیفی بین نمونه های گندم محسوب شود.

۵- تشکر و قدردانی

از دانشگاه تبریز به جهت حمایت مالی برای انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می شود. نگارندگان همچنین مراتب سپاس خود را از جناب آقای مهندس کاووس رشمه کریم (آزمایشگاه تکنولوژی غلات موسسه اصلاح بذر و تهیه نهال کرج) به جهت کمک در تهیه نمونه های گندم و آرد برای این پژوهش اعلام می دارند.

رؤیت می باشد. در نتیجه در میان آزمون های مورد مطالعه با حجم های مختلف نمونه، آزمون GMP با کمترین حجم نمونه مورد نیاز به عنوان بهترین آزمون جهت توصیف حجم و ارتفاع نان معرفی می گردد.

۳-۶- آزمون رگرسیون PLS: طبقه بندی

کیفی آردهای مورد آزمون

یکی دیگر از قابلیت های آزمون رگرسیون PLS دسته بندی نمونه های مورد بررسی با در نظر گرفتن کلیه متغیرهای مستقل و وابسته می باشد. در این مطالعه با توجه به ضریب اهمیت متغیرهای مستقل پروتئین، عدد زلنی، رسوب SDS و مقدار GMP در تفسیر متغیرهای وابسته، نمودار طبقه بندی به صورت شکلهای ۶ و ۷ ارائه می گردد. مطابق شکل ۴ ارقام مختلف آرد در ۲ دسته قابل تقسیم بندی می باشند. دسته اول شامل ارقام با کیفیت نانوائی مطلوب بوده که در ناحیه مثبت نمودار جای گرفته اند و شامل ارقام پیشتاز، تجن، زرین، داراب ۲، دز، انبیا و بزوستایا می باشند. دسته دوم نیز شامل ارقام با مطلوبیت کمتر نانوائی و در ناحیه منفی نمودار، شامل ارقام الموت، هامون، آذر ۲، شیرودی، مرودشت و سرداری می باشد. در شکل ۴ و همچنین جدول ۱ میانگین داده های آزمون های مختلف برای ارقام متفاوت صحت این تقسیم بندی قابل مشاهده می باشد. با مقایسه دو رقم الموت و بزوستایا در جدول ۱ و همچنین وضعیت قرار گرفتن آنها در شکل ۴ مشاهده می گردد که تفاوت فاصله زیاد بین این دو رقم نشان دهنده قرار گیری آنها در دو قطب متفاوت و در دو گروه مختلف می باشد. نتایج عددی به دست آمده در جدول ۱ نیز این موضوع را تأیید می کند. بنابراین الموت ضعیف ترین رقم و بزوستایا قوی ترین رقم مورد مطالعه در این تحقیق می باشند. در روش رگرسیون PLS هر چه دو رقم دور تر از هم باشند نشانه تفاوت آنها از نظر صفات مورد بررسی است که این امر در شکل ۴ و در مورد دو رقم الموت با کد «Al» و بزوستایا یا کد «B» به وضوح دیده می شود.

حال با توجه به گروه بندی بدست آمده و در نظر گرفتن آزمون GMP به عنوان بهترین آزمون میتوان طبقه بندی را براساس نتایج عددی وزن مرطوب GMP پیشنهاد کرد. نتایج این مطالعه نشان می دهد ارقامی که وزن مرطوب GMP بیشتر از ۱۷۴ گرم ژل به ازاء ۱۰۰ گرم ماده خشک آرد داشتند در گروه ارقام با خصوصیت مطلوب نانوائی جای گرفته اند

۶- منابع

- for screening breeder's samples of wheat for breadmaking quality. *Euphytica*, 31:677-690.
- [11] Graveland A. 1980. Extraction of wheat proteins with sodium dodecyl sulphate. *Annual Technology Agriculture*, 29:113-123.
- [12] Weegels PL, Flissebaalje T, Hamer RJ. 1994. Factors affecting the extractability of the glutenin macropolymer. *Cereal Chemistry*, 71:308-309.
- [13] Weegels PL, Hamer RJ, Schofield JD. 1997. Depolymerisation and re-polymerisation of wheat glutenin during dough processing. II. Changes in composition. *Journal of Cereal Science*, 25:155-163.
- [14] Weegels PL, van de Pijpekamp AM, Graveland A, Hamer RJ, Schofield JD. 1996. Depolymerisation and repolymerisation of wheat gluten during dough processing. I. Relationships between GMP content and quality parameters. *Journal of Cereal Science*, 23:103-111.
- [15] Lafandra D, Ovidio R, Porcedu E, Margiotta B, Colaprico G. 1993. New data supporting high Mr glutenin subunit 5 as the determinant of quality differences among the pairs 5+10 vs. 2 +12. *Journal of Cereal Science*, 18:197-205.
- [16] Payne PI, Nightingale MA, Krattiger AF, Holt LM. 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the breadmaking quality of British-grown wheat varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 40:51-65.
- [17] Popineau Y, Cornec M, Lefebvre J, Marchylo B. 1994. Influence of high Mr glutenin subunits on glutenin polymers and rheological properties of glutes and gluten subfractions of near-isogenic lines of wheat Sicco. *Journal of Cereal Science*, 19:231-241.
- [18] Uthayakumaran S, Gras PW, Stoddard FL, Bekes F. 1999. Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. *Cereal Chemistry*, 76:389-395.
- [19] Bean SR, Lyne RK, Tilley KA, Chung OK, Lookhart GL. 1998. A rapid method for quantitation of insoluble polymeric proteins in flour. *Cereal Chemistry*, 75:374-379.
- [1] Matsoukas NP, Morrison WR. 1991. Breadmaking quality of ten Greek bread wheats. II. Relationships of protein, lipid and starch components to baking quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55:87-101.
- [2] Zeleny Y. 1947. A simple sedimentation test for estimating the bread baking and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chemistry*, 24:465-475.
- [3] Axford DW, Mcdermott EE, Redman DG. 1978. Small-scale tests of breadmaking quality. *Milling Feed and Fertilizer*, 161:18-20.
- [4] Axford DWE, McDermott EE, Redman DG. 1979. Note on the sodium dodecyl sulfate test of bread-making quality: Comparison with Pelshenke and Zeleny tests. *Cereal Chemistry*, 56:582-584.
- [5] Sapirstein HD, Suchy J. 1999. SDS protein gel test for prediction of bread loaf volume. *Cereal Chemistry*, 76:64-72.
- [6] Don C, Lichtendonk WJ, Plijter JJ, Hamer RJ. 2003. Glutenin macro-polymer: a gel formed by glutenin particles. *Journal of Cereal Science*, 37:1-7.
- [7] Moonen JHE, Scheepstra A, Graveland A. 1982. Use of the SDS sedimentation test and SDS-polyacrylamide gel electrophoresis for screening breeder's samples of wheat for bread-making quality. *Euphytica*, 31:677-690.
- [8] Pritchard PE. 1993. The glutenin fraction (gel-protein) of wheat protein - a new tool in the prediction of baking quality. *Aspects of Applied Biology*, 36:75-84.
- [9] Singh NK, Donovan R, MacRitchie F. 1990. Use of sonication and size-exclusion high-performance liquid chromatography in the study of wheat flour proteins. II. Relative quantity of glutenin as a measure of breadmaking quality. *Cereal Chemistry*, 67:161-170.
- [10] Moonen JHE, Scheepstra A, Graveland A. 1986. Use of the SDS sedimentation test and SDS-polyacrylamide gel electrophoresis

- Magazine of Management & Applications:40-41.
- [27] Ayoub M, Fregeau-Reid J, Smith DL. 1983. Evaluation of the SDS-sedimentation test for the assessment of eastern Canadian bread wheat quality. *Journal of Plant Science*, 73:995-999.
- [28] Blackman JA, Gill AA. 1979. A comparison of some small-scale tests for bread-making quality used in wheat breeding. *Journal of Agricultural Sciences*, 95:29-33.
- [29] Dexter JE, Matsuo RR, Kosmolak FG, Leisle D, Marchylo BA. 1980. The suitability of the SDS sedimentation test for assessing gluten strength in durum wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 60:25-29.
- [30] Preston KR, March PR, Tipples KH. 1982. An assessment of the SDS sedimentation test for the prediction of Canadian bread wheat quality. *Canadian Journal of Plant Science*, 62:545-553.
- [31] Wold H, ed. 1994. PLS for multivariate linear modeling. Weinheim, Germany: Verlag-Chemie.
- [20] AACC. 2005. AACC Approved Methods. St. Paul, Minnesota, USA: AACC, American Association of Cereal Chemists, Inc.
- [21] Williams PC, Sobering DC. 1993. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 1:25-32.
- [22] Carter BP, Morris CF, Anderson JA. 1999. Optimizing the SDS sedimentation test for end-use quality selection in a soft white and club wheat breeding program. *Cereal Chemistry*, 76:907-911.
- [23] Azizi MH. 2001. Effect of selected surfactants on dough rheological characteristics and quality of bread. Mysore-India.
- [24] Tenenhaus M, Pages J, Ambroisine L, Guinot C. 2005. PLS methodology to study relationships between hedonic judgments and product characteristics. *Food Quality and Preference*, 16:315-325.
- [25] <http://www.xlstat.com/en/support/links>.
- [26] Deal K. 2005. Soft modeling with partial least squares. *Marketing Research: A*

Comparing the efficiency of wheat quality classification tests with an emphasis on the novel glutenin macro polymer (GMP) method

Ghamari, M.¹, Peighambardoust, S.H.^{2*}, Rafat, S.A.³

1- M.Sc. Graduated, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- Associate Prof., Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3- Assistant Prof., Department of Animal Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

(Received:87/12/21 Accepted: 88/7/24)

In this study, the efficiency of wheat quality classification tests with an emphasis on the novel glutenin macro polymer (GMP) test was evaluated. Wheat quality indicators such as Zeleny and SDS sedimentation tests were compared with GMP method in quality classification of several Iranian wheat cultivars. The results showed no significant correlation between protein content and breadmaking characteristics (loaf volume and height). Zeleny, SDS sedimentation and GMP tests showed significant correlation with loaf volume and height, but at different importance levels. PLS regression analysis indicated that GMP wet weight is the most important predictor for bread quality compared to other tests. Thus, GMP wet weight measurement can be regarded as a suitable predictive tool for bread quality, especially in wheat breeding studies where restricted amounts of samples are required. Based on all quality tests performed and the results obtained, PLS analysis was also to classify wheat cultivars examined into strong and weak quality classes.

Keywords: Wheat; Bread; Classification, Glutenin macropolymer (GMP); Quality

*Corresponding Author e-mail address: peighambardoust@tabrizu.ac.ir