مجله علمی ـ پژوهشی زیست‌فناوری گیاهان زراعی
سال سوم، شماره چهارم، بهار و تابستان ۱۳۹۲ (۴۱-۳۳)

Crop Biotech.
Spring & Summer (2013) 4: 33-41

ارزیابی صفات مرتبط با کیفیت پخت در ژنوتیپ‌های گندم دوروم و نان

معصومه رجبی‌هشجین[۱]، مصطفی آقایی‌سربرزه[۲]*، محمدحسین فتوکیان[۳] و محسن محمدی[۴]

۱، دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد بیوتکنولوژی‌کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، ۲، دانشیار، مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران،۳، دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران، ۴، استادیار، مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۹ ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۶/۴)

Evaluating the Cooking Quality Traits in Bread and Durum Wheat

M. RAJABI HASHJIN[1], M. AGAHEE SARBRZEH[2]*, M. H. FOTOKIAN[3], AND M. MOHAMMADI[4]

1, M.Sc. Agricultural Biotechnology, Shahed University, Tehran, Iran; 2, Associate Professor, Research Institute of Seed and Plant Breeding, Karaj, Iran; 3, Associate Professor of Agricultural Biotechnology, Shahed University, Tehran, Iran; 4, Assistant Professor, Research Institute of Seed and Plant Breeding, Karaj, Iran.

(Received: April 29, 2013 - Accepted: December 30, 2012)

چکیده

به‌منظور بررسی صفات کیفی و پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر، ۱۱ ژنوتیپ گندم دوروم و سه رقم گندم فلات و ایگل و Verinac انتخاب شدند. هشت صفت کیفی شامل سختی دانه، عدد زلنی، گلوتن خشک، گلوتن مرطوب، حجم نان، رطوبت دانه، درصد جذب آب و درصد پروتئین اندازه‌گیری شدند. برای تفکیک زیرواحدهای گلوتنین از روش SDS-PAGE استفاده شد. تجزیه خوشه‌ای صفات کیفی، نمونه‌ها را به ۳ گروه تقسیم کرد. نتایج همبستگی نشان داد که درصد پروتئین با عدد زلنی و سختی دانه و گلوتن مرطوب و خشک همبستگی مثبت دارد. همچنین درصد پروتئین با حجم نان و درصد رطوبت همبستگی منفی داشت. نتایج تجزیه رگرسیون به روش گام‌به‌گام نشان داد که گلوتن خشک ۹۰ درصد از تغییرات میزان پروتئین را توجیه می‌کرد. در بررسی زیرواحدهای سنگین گلوتنین (HMW-GS) در مکان ژنی Glu-A1 در ارقام فلات و ایگل به‌ترتیب آلل یک و ۲* مشاهده شد. همچنین آلل ۲* در سه ژنوتیپ (Kc- 525، Wc-3122، Wc-45505) مشاهده شد. برای مکان ژنی Glu-B1 در رقم فلات آلل ۹+۷ و در رقم ایگل و Verinac آلل ۱۸+۱۷ مشاهده شد. همچنین در این مکان ژنی در ۶ ژنوتیپ (TN-12590، Kc-3638، TN-12501، Kc- 525، Wc-3122، Wc-45505) آلل ۱۸+۱۷، و در ژنوتیپ‌های (TN-12595، TN-12567) آلل ۸+۷ مشاهده گردید. نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی و انتخاب جهت بهبود کیفیت گندم دوروم مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: صفات کیفی، پروتئین‌های ذخیره‌ای، محتوای پروتئین دانه، عدد زلنی، تجزیه خوشه‌ای

Abstract

In order to evaluate the quality characteristics and seed storage proteins, 11 durum wheat genotypes as well as Eagle, Falat and Verinac genotypes were Chosen. Eight quality traits including hardness, grain quality, Zeleny number, dry gluten, wet gluten, bread mass, grain moisture, water absorption and protein content were measured. For separation of glutenin subunits SDS-PAGE method was used. The correlations between protein content and zeleny number, hardness, dry gluten and wet gluten were significant and positive. On the other hand, there were significant and negative correlation between protein content and bread mass and moisture content. The stepwise regression results indicated that dry gluten was the trait most related to protein content since it explained 90% of protein variation. The high molecular weight Glutenin subunits (HMW-GS) at the Glu-A1 locus, the 2* allele was observed in the Eagle, Falat and Verinac and three genotypes (Kc-525, Wc-3122, Wc-45505). At the Glu-B1 locus, the 7+9 was observed in Falat cultivar. The 17+18 allele was presented in Eagle, Verinac and 6 genotypes (TN-12590, Kc-3638, TN-12501, Kc-525, Wc-3122, Wc-45505). The 7+8 allele also was observed in two genotypes (TN-12595, TN-12567). Cluster analyses of qualitative traits, the genotypes were divided in to 3 groups. The findings of the present study could be utilized in breeding programs aimed at improving durum wheat.

Keywords: Quality traits, Protein storage, Grain protein content, Zeleny, Cluster analysis

نویسنده مسئول: مصطفی آقایی سربرزه
E-mail: maghaee@yahoo.com

مقدمه

یکی از فرآورده‌های مهم و پرمصرف گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. durum Desf.)، ماکارونی و اسپاگتی است که طی سال‌های اخیر به‌عنوان بخشی از رژیم غذایی مردم ایران رایج شده است. ارزش بیولوژیکی محصولات به‌دست آمده از سمولینای گندم دوروم به کمیت و کیفیت پروتئین و اسیدآمینه‌های آن بستگی دارد (Eslami and Mir Mohammadi Meibodi. 2003). مقدار پروتئین گندم عامل مهمی در تعیین کیفیت پخت است (Joppa and Cantrell. 1990). با افزایش میزان پروتئین دانه شاخص رنگ قهوه‌ای اسپاگتی افزایش می‌یابد، درحالی‌که روشنی رنگ اسپاگتی با محتوای پروتئین رابطه منفی دارد (Autran *et al.*, 1986). همچنین با افزایش میزان پروتئین دانه پاستای محکم‌تر و با چسبندگی کمتر تولید می‌شود (Arzani. 2000). مقدار بالای پروتئین سمولینای حاصل از گندم دوروم پاستایی قوی و الاستیک تولید می‌کند که در هنگام پخت، به‌خوبی متورم شده و حداقل بقایا (ضایعات) را در هنگام پخت برجا می‌گذارد و تا هنگام استفاده پایدار باقی می‌ماند. مقادیر پروتئین ۱۱ تا ۱۶ درصد سمولینای دوروم، برای تولید محصول مطلوب و کسب رضایت تولیدکننده مناسب می‌باشد (Tohver. 2007). مشخص شده است که ژن‌های موجود بر روی کروموزوم‌های 1A، 2A، 3A، 4B و 5B بر افزایش پروتئین دانه مؤثرند (Deckard *et al.*, 1980). نوع پروتئین‌های موجود در دانه بر شرایط فرآوری تأثیر می‌گذارد. کشش گلوتن برای توضیح توانایی پروتئین‌ها برای تشکیل شبکه‌ای مطمئن که کیفیت مطلوب پخت را القاء می‌کند، استفاده می‌گردد. پیوستگی و کشش ماتریس پروتئینی تشکیل‌شده در طی اتصال و انفصال خمیر، در تعیین خصوصیات ساختاری پاستا مهم هستند. در مقادیر یکسان پروتئین، گندم‌های دارای گلوتن بالا در مقایسه با گندم‌های با گلوتن کم، خمیری با چسبندگی کمتر و خصوصیات انفصالی بهتر تولید کرده و نانی با بافت بهینه‌تر به‌وجود می‌آورند (Dexter and Matsuo. 1980). در تولید پاستا، گلوتن باید به میزان کافی برای حفظ گرانول‌های نشاسته ژلاتینه‌شده و در طی پخت پاستا، قوی و مستحکم باشد. علاوه بر این، جذب آب خمیر پاستا ۳۱ الی ۳۵ درصد است در حالی‌که این میزان برای خمیر نان در حدود ۶۰ درصد است (Liu and Shepherd. 1996). به‌دلیل اهمیت درصد پروتئین گندم در کیفیت پاستا و ارزش تجاری آن، برنامه‌های اصلاحی در مورد درصد پروتئین از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (Singh *et al.*, 1991). پروتئین‌های بذر به‌طور کلی به دو دسته پروتئین‌های خانه‌دار و پروتئین‌های ذخیره‌ای تقسیم می‌شوند. پروتئین‌های خانه‌دار از لحاظ بیولوژیکی فعال و مسئول حفظ متابولیسم طبیعی سلولی بوده و شامل لکتین‌ها، آنزیم‌ها و بازدارنده‌های آنزیمی هستند (Mohammadi *et al.*, 1998). پروتئین‌های ذخیره‌ای گندم را می‌توان براساس حلالیت آن‌ها در محلول‌های مختلف دسته‌بندی کرد، که بر این اساس به سه دسته آلبومین‌ها، گلوبولین‌ها و پرولامین‌ها تقسیم می‌شوند. آلبومین‌ها در آب و گلوبولین‌ها در محلول‌های نمکی حل می‌شوند. پرولامین‌ها خود شامل گلیادین‌ها و گلوتنین‌ها می‌باشند که گروه اولی در الکل حل شده درحالی‌که گلوتنین‌ها در حالت معمولی در الکل نامحلول بوده ولی گلوتنین‌های با وزن مولکولی بالا در الکل ۷۰ درصد و گلوتنین‌های با وزن مولکولی پایین در دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در الکل حل می‌شوند (Ram. 2003). زیرواحدهای سنگین گلوتنین (High subunits molecular weight Glutenin)، از اجزای پلیمر گلوتنین‌ها هستند که نقش اصلی را در خاصیت ویسکوالاستیسیته خمیر بازی می‌کنند (Kovacs *et al.*, 1997). تاثیر HMW-GS بر روی کشش خمیر، ممکن است افزایشی یا سینرژیتیک باشد (Beasley *et al.*, 2002). حرکت HMW-GS با SDS-PAGE در محدوده ۱۳۰-۸۰ کیلودالتون است، اگر چه وزن مولکولی واقعی به‌دست‌آمده از توالی آمینواسیدها در محدوده ۹۰-۶۰ کیلودالتون است (Dexter and Matsuo. 1980). نتایج نشان می‌دهد که HMW-GS کمتر تحت تأثیر طبیعت هستند و پلی‌مورفیسم بالایی دارند (Lagudah *et al.*, 1987). در گندم دوروم HMW-GS به‌وسیله مکان‌های ژنی GluA1 و GluB1 رمز می‌شوند که روی بازوی بلند کروموزوم‌های 1AL و 2BL قرار دارند (Payne *et al.*, 1987). این سه مکان‌ژنی برای بررسی تنوع ژنتیکی در گونه‌ها و ارقام مختلف گندم استفاده شده‌اند (Sisson. 2005; Nevo and Payne. 1987; Arzani. 2002). مطالعات قبلی نشان داده که اگر ساختمان سوم پروتئین موجود در بذر از نوع صفحه بتا باشد، معمولا الاستیسیته بالایی را به پروتئین بخشیده و مقاومت در برابر تغییر شکل را توسعه می‌دهد. بنابراین مقدار بالای صفحه بتا در HMW-GS و LMW-GS، (Low molecular weight Glutenin subunit) باعث تأثیرات مثبت در کیفیت آرد می‌شود (Tatham *et al.*, 1990; Jiang *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2008). زیرواحدهای 1By8، 1By15 و 1By16 در ساختمان سوم خود دارای مقدار زیادی مارپیچ آلفا و صفحه بتا هستند. با توجه به این که در زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا، آلل‌های با تأثیر مطلوب بر

کیفیت نانوائی، دارای اثر افزایشی می‌باشند، لذا سیستم امتیازدهی ساده‌ای طراحی شده است که در آن هر یک از زیرواحدها بر اساس تأثیر بر ارتفاع رسوب با SDS ارزش عددی اختصاصی می‌گیرند. در این روش حداکثر امتیاز یک ژنوتیپ برابر ۱۰ است (Payne and Lawrence. 1983). سختی دانه نیز یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت دانه است و بیشتر گندم‌های با سختی دانه بالا، دارای درصد پروتئین بالایی نیز هستند (Arzani. 2002). هدف از این تحقیق، بررسی صفات کیفی و همچنین ارزیابی کیفیت پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر در ژنوتیپ‌های مختلف گندم دوروم و ارقام فلات، ایگل و Verinac بود.

مواد و روش‌ها

دو رقم گندم نان فلات و ایگل و ۱۱ ژنوتیپ گندم دوروم از کلکسیون بانک‌ژن گیاهی ملی ایران مورد استفاده قرار گرفتند. مشخصات نمونه‌های مطالعه‌شده در جدول ۱ آمده است. صفات مرتبط با کیفیت دانه شامل سختی دانه، درصد پروتئین، حجم نان، درصد جذب آب، میزان رطوبت، عدد زلنی، میزان گلوتن مرطوب و خشک بررسی شدند. برای اندازه‌گیری این صفات از هر نمونه ۵۰ گرم بذر انتخاب شد و با استفاده از آسیاب چکشی تبدیل به آرد شدند. از این مقدار بذر حدود ۲۰ گرم آرد حاصل شد. آرد حاصله توسط دستگاه اینفراماتیک ۱۸۰۰ اندازه‌گیری شد. اساس کار این دستگاه با استفاده از اشعه مادون قرمز است. برای استخراج گلوتنین‌ها از روش گام‌به‌گام توصیف‌شده توسط Singh *et al.*, (1991) استفاده شد. ابتدا به هر نمونه ۱۰۰۰ میکرولیتر الکل ۷۰٪ اضافه و به‌مدت ۱ ساعت در حمام آب گرم ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از ورتکس به‌مدت ۵ دقیقه با ۱۳هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ انجام شد. مایع‌رویی دور ریخته و ۱ میلی‌لیتر پروپانول ۵۰٪ اضافه گردید. نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از ورتکس، سانتریفیوژ شده و مایع فوقانی دور ریخته شد. این مرحله دو بار تکرار شد. سپس به هر نمونه ۰/۵ میلی‌لیتر پروپانول ۵۰٪ اضافه شده و پس از ۵ دقیقه سانتریفیوژ، مایع فوقانی دور ریخته شد. در ادامه ۱ میلی‌لیتر DTT[1] ۱ درصد همراه با بافر استخراج شامل Tris HCl, pH 8 و پروپانول اضافه و نمونه‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس ۲ دقیقه با ۱۳هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس ۱ میلی‌لیتر بافر استخراج و 4-VP[2](0.14 M) اضافه شده و نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از ۲ دقیقه سانتریفیوژ، مایع‌رویی به یک میکروتیوپ دیگر منتقل شد. نمونه‌ها به‌روش SDS-PAGE بر روی ژل ۱۰٪ الکتروفورز شدند (Payne *et al.*, 1981). شناسایی و نام‌گذاری زیرواحدها طبق روش Payne and Lawrence (1983) انجام شد. همچنین کیفیت آلل‌ها براساس روش امتیازبندی Payne *et al.*, (1981) تعیین گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS Version 20 استفاده شد.

نتایج و بحث

مقادیر صفات کیفی اندازه‌گیری‌شده برای هر نمونه در جدول ۲ ارائه شده است. ژنوتیپ شماره ۸ (Wc-45501) از نظر درصد پروتئین (۱۴ درصد) از همه ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی‌شده بیشتر بود. این مقدار از درصد پروتئین گزارش‌شده توسط دیگر محققان (Rajabzadeh. 1997; Irani. 2000; Nobovvati *et al.*, 2011) بیشتر بود. همچنین این ژنوتیپ از نظر مقدار عدد زلنی (۴۰) نیز برترین ژنوتیپ بود. نتایج پارامترهای آماری شامل میانگین، انحراف‌معیار، کمینه و بیشینه صفات کیفی دانه در جدول ۳ و نتایج همبستگی در جدول ۴ درج شده‌اند. درصد پروتئین با عدد زلنی و سختی دانه و گلوتن مرطوب و خشک همبستگی مثبت و با حجم نان و درصد رطوبت همبستگی منفی داشت (جدول ۴). نتایج به‌دست‌آمده با سایر گزارشات قبلی مبنی بر همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد پروتئین دانه با سختی دانه و محتوای گلوتن خشک مطابقت دارد (Eslami *et al.*, 1995). با کاهش مقدار پروتئین دانه، فضای خالی بین سلول‌های آندوسپرم زیاد شده و سختی دانه کاهش می‌یابد (Eslami *et al.*, 1995). میزان گلوتن نشان‌دهنده کمیت پروتئین بوده و از این‌رو بین آن دو همبستگی مثبت وجود دارد. نتایج مشابه با این مسئله توسط محققان دیگر نیز گزارش گردیده است (Arzani and Golabadi. 1992). بین عدد زلنی و درصد حجم نان همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۶۸) وجود داشت. وجود این همبستگی در تحقیقات قبلی نیز مشاهده شده است (Gamari *et al.*, 2008; Matsoukas and Morrison. 1991; Bahrami. 2002). بیشترین میزان همبستگی بین گلوتن مرطوب و خشک بود. در گزارش Kovacs *et al.*, (1997)

1. Dithiotheriol

2. 4-Vinylpyridine

بین محتوای پروتئین و درصد پروتئین همبستگی مثبتی ارائه شد. در تحقیقات Shahinnia *et al.*, (2002) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد پروتئین با صفات سختی دانه، درصد رطوبت، حجم نان و درصد جذب آب مشاهده شد.

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های گندم مطالعه‌شده

نام	شماره	نام	شماره	نام	شماره	نام	شماره
فلات	۱۳	Kc- 525	۹	TN-12501	۵	ایگل	۱
		TN-12635	۱۰	TN-12595	۶	Verinac	۲
		Wc-3122	۱۱	TN-12567	۷	TN-12590	۳
		Wc-45505	۱۲	Wc-45501	۸	Kc-3638	۴

جدول ۲- مقدار صفات کیفی اندازه‌گیری‌شده برای نمونه‌های مورد مطالعه

شماره	نام	درصد پروتئین	عدد زلنی	حجم نان	درصد رطوبت	درصد سختی دانه	درصد جذب آب	درصد گلوتن مرطوب	درصد گلوتن خشک
۱	ایگل	13.3	37	454	11.5	56	65.5	3.7	1.2
۲	Verinac	12.8	35	509	12.1	53	64	4.3	1.4
۳	TN-12590	13.5	37	373	10.8	62	67.1	4.4	1.46
۴	Kc-3638	13.5	39	390	10.4	61	67.5	4.8	1.6
۵	TN-12501	12.6	34	425	10.5	59	66.1	3.4	1.13
۶	TN-12595	12.6	33	420	11	60	66.1	3.6	1.2
۷	TN-12567	12.8	35	397	10.7	61	67.2	4.1	1.3
۸	Wc-45501	14	40	365	11	63	67.4	5.4	1.8
۹	Kc- 525	13.5	40	309	10.7	63	67.1	4.6	1.5
۱۰	TN-12635	12.8	36	443	10.7	58	67	4	1.3
۱۱	Wc-3122	12.8	36	490	10.5	57	66.3	4.1	1.3
۱۲	Wc-45505	13.3	38	408	10.7	61	67.2	4.4	1.46
۱۳	فلات	11.7	33	535	11.3	50	63.2	2.8	0.9

جدول۳- پارامترهای آماری برای صفات مختلف کیفیت نانوائی اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های مطالعه‌شده

	درصد پروتئین	عدد زلنی	درصد حجم نان	درصد رطوبت	درصد سختی دانه	درصد جذب آب	درصد گلوتن خشک	درصد گلوتن مرطوب
میانگین	13.01	36.38	424.46	10.91	58.76	66.28	1.36	4.12
انحراف معیار	0.58	2.39	62.33	0.47	3.91	1.34	0.22	0.66
دامنه	2.3	7	226	1.7	13	4.3	0.9	2.6
کمینه	11.7	33	309	10.4	50	63.2	0.9	2.8
بیشینه	14	40	535	12.1	63	67.5	1.8	5.4

جدول۴- همبستگی بین صفات مرتبط با کیفیت نانوائی در نمونه‌های مطالعه‌شده

	درصد پروتئین	عدد زلنی	درصد حجم نان	درصد رطوبت	درصد سختی دانه	درصد جذب آب	درصد گلوتن خشک
عدد زلنی	0.89**						
درصد حجم نان	-0.74**	0.68**					
درصد رطوبت	-0.19	-0.26	0.5				
درصد سختی دانه	0.76**	0.63*	-0.94**	-0.62*			
درصد جذب آب	0.72**	0.64*	-0.82**	-0.73**	0.93**		
درصد گلوتن خشک	0.90**	0.85**	-0.64*	-0.18	0.69**	0.68**	
درصدگلوتن مرطوب	0.89**	0.85**	-0.64*	-0.18	0.69**	0.68**	1**

* معنی‌دار در سطح ٪۵، ** معنی دار در سطح ٪۱

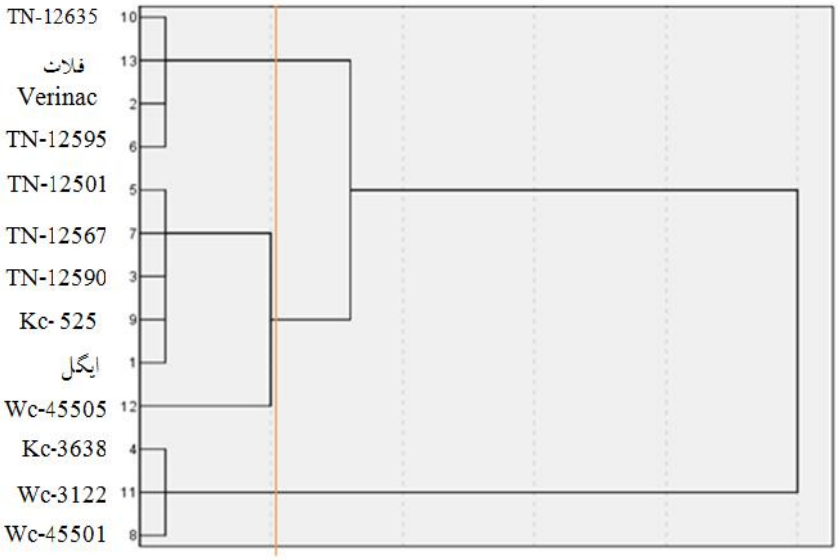
تجزیه رگرسیون به‌روش گام‌به‌گام انجام شد. بدین‌ترتیب که درصد پروتئین به‌عنوان متغیر وابسته و مابقی صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. اولین صفت واردشده به مدل، درصد گلوتن خشک بوده که ضریب تبیین آن برابر R^2=۰/۹ بود و نشان‌دهنده آن است که محتوای گلوتن خشک، ۹۰ درصد از تغییرات میزان پروتئین را توجیه نموده و از آن‌جایی‌که در رگرسیون گام به‌گام از دو متغیر که همبستگی بالا داشته باشند فقط یکی وارد مدل می‌گردد، لذا پس از حذف گلوتن خشک، دوباره رگرسیون گام به‌گام انجام گردید تا سایر متغیرهایی که محتوای گلوتن خشک همبستگی بالایی دارند، وارد مدل گردند. در نتیجه پس از آن صفات عدد زلنی و مقدار گلوتن مرطوب به‌ترتیب به‌عنوان صفت دوم و سوم وارد مدل شدند این ۳ صفت در مجموع ۹۶ درصد از تغییرات درصد پروتئین را توجیه نمودند. در بررسی‌های دیگر بر روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم، گزارش‌شده که محتوای گلوتن خشک حدود ۶۸٪ از تغییرات محتوای پروتئین را بر عهده داشته است (Golabadi and Arzani. 1992; Eslami *et al.*, 1995). بر اساس نتایج حاصله معادله کلی رگرسیون گام‌به‌گام به‌صورت زیر تعیین گردید که در آن y عبارت از درصد پروتئین می‌باشد.

y = (گلوتن مرطوب) ۰/۵۹۶- (عدد زلنی) ۰/۵۹۲ + (گلوتن خشک) ۰/۹۹۱ + ۰/۹۶

نتیجه حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات کیفی، گندم‌های مطالعه‌شده را در ۳ گروه قرار داد (شکل ۱). نتیجه حاصل از این گروه‌بندی و میانگین صفات کیفی اندازه‌گیری‌شده برای هر گروه در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵- گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای و میانگین صفات کیفی آن‌ها

شماره گروه	شماره ژنوتیپ	میانگین صفات							
		پروتئین	عدد زلنی	حجم نان	رطوبت	سختی دانه	جذب آب	گلوتن خشک	گلوتن مرطوب
1	Verinac , Tn-12501, Tn-12635، فلات	13	35.25	418	10.95	59.25	66.2	1.25	3.77
2	Tn-12590 Wc-12567, Tn-45505,ایگل	34.46	38.9	347.8	10.72	62.15	67.19	1.53	4.62
3	Kc-3638, Wc-45501, Wc-3122	12.43	34.66	511.33	11.3	53.33	64.5	1.23	3.73

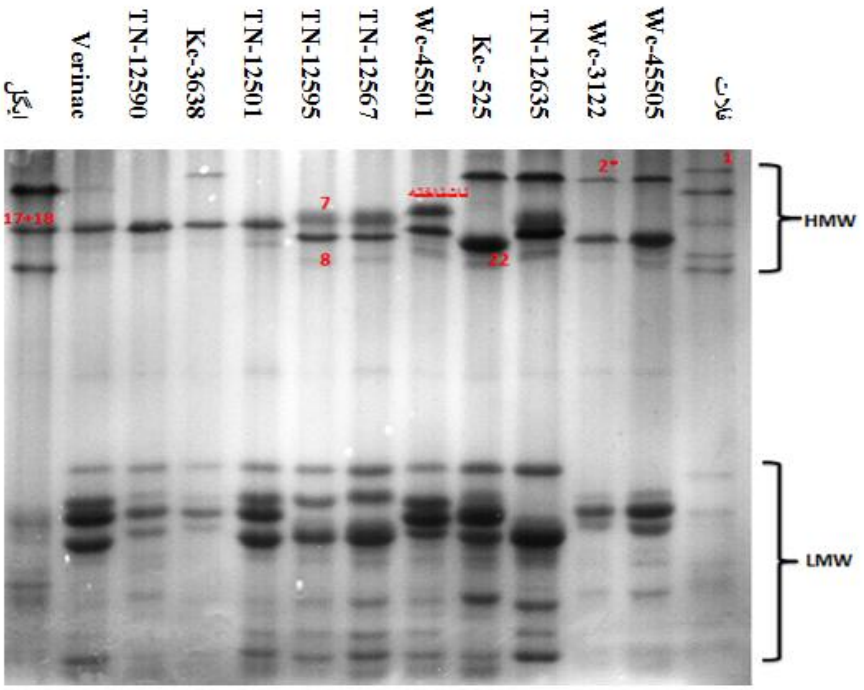


شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی

همان‌گونه که درجدول ۵ مشاهده می‌شود، درصد پروتئین ژنوتیپ‌های موجود در گروه دوم از همه بیشتر است. بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌های گروه دوم برای برنامه‌های اصلاحی در جهت افزایش کیفیت پاستا می‌تواند ما را در رسیدن به این هدف یاری کند. برنامه‌های اصلاحی در مورد درصد پروتئین، به‌عنوان یکی از اهداف مهم اصلاحی، به سبب اهمیت آن در تجارت و تعیین کیفیت پاستا در حال انجام است (Sissons. 2005). همچنین درصد گلوتن مرطوب و خشک در گروه دوم از همه

گروه‌ها بالاتر است. با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین درصد گلوتن مرطوب و خشک و درصد پروتئین (جدول ۴)، بالابودن میانگین این صفات در گروه دوم وجود این همبستگی را تأیید می‌کند. حجم نان در گروه سوم از همه بیشتر است، زیرا دو رقم گندم نان در این گروه قرار دارند. با این حال به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های موجود در گروه دوم به‌دلیل داشتن درصد پروتئین بالاتر و سختی دانه بیشتر، بهترین ژنوتیپ‌ها برای تولید پاستا هستند. درصد جذب آب در گروه دوم از میانگین کل بالاتر است.

در بررسی زیرواحدهای سنگین گلوتنین (HMW-GS) در مکان‌ژنی Glu-A1 در رقم فلات و ایگل به‌ترتیب آلل ۱ و *۲ مشاهده شد (جدول ۶). همچنین آلل *۲ در سه ژنوتیپ (Kc- 525، Wc-3122، Wc-45505). از ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده شد. بقیه ژنوتیپ‌ها آلل نول داشتند. همچنین، برای مکان‌ژنی Glu-B1 در رقم فلات آلل ۸+۷ و در رقم ایگل و Verinac آلل ۱۸+۱۷ مشاهده شد. در ۶ ژنوتیپ (TN-12590، Kc-3638، TN-12501، Kc-525، Wc-3122، Wc-45505) نیز در مکان‌ژنی Glu-B1 آلل ۱۸+۱۷، در ژنوتیپ TN-12635 آلل ۲۰ و در ۲ ژنوتیپ (TN-12595، TN-12567) آلل ۸+۷ مشاهده گردید. در ژنوتیپ Wc-45501 هم یک آلل ناشناخته در این مکان‌ژنی مشاهده شد که در هیچ‌کدام از پژوهش‌های قبلی مشاهده نشده بود و بنابراین امتیازدهی نشد. شکل ۲ الگوی الکتروفورزی این ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲- الگوی الکتروفورزی نمونه‌های مورد بررسی

در مطالعه‌ای که بر روی ۹۶ نمونه گندم دوروم بومی ایران انجام شده بود در مکان‌ژنی GluA1 بیشترین فراوانی از آن آلل نول بود (Rashidi Monfared. 1997). چنین نتایجی در مطالعات قبلی روی گندم دوروم نیز مشاهده شده است (Raciti *et al.*, 2003; Ram. 2003). در یک بررسی بر روی ۴۰ رقم گندم، مشخص شد ۵۰٪ شامل آلل نول و ۴۲/۵٪ دارای آلل *۲ بوده و فراوانی آلل ۱، فقط ۷/۵٪ تعیین گردید (Bellil *et al.*, 2012). در این بررسی در مکان‌ژنی GluB1، ۱۳/۸٪ لاین‌ها دارای آلل ۸+۷ بوده و آلل ۱۸+۱۷ در ۱۷/۳٪ لاین‌ها مشاهده شد. درحالی‌که در یک بررسی، آلل‌های ۸+۷ و ۱۸+۱۷ در ۲/۵٪ ارقام دیده شدند (Bellil *et al.*, 2012). امتیاز آللی و امتیاز ژنومی ژنوتیپ‌ها و ارقام مورد بررسی در جدول ۶ ارائه شده است. امتیاز ژنومی حدود ۷۰ درصد از تغییرات را در کیفیت نانوایی بذر گندم توجیه می‌کند (Mac Ritchie *et al.*, 1990).

جدول۶- مشخصات زیرواحدهای گلوتنین در نمونه‌های بررسی‌شده

شماره	نام	مکان‌ژنی			امتیاز آللی	امتیاز ژنومی
		Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1		
1	ایگل	2*	17+18	2+12	3+3+1	7
2	Verinac	Null	17+18	-	3+1	4
3	TN-12590	Null	17+18	-	3+1	4
4	Kc-3638	1	17+18	-	3+3	6
5	TN-12501	Null	17+18	-	3+1	4
6	TN-12595	Null	7+8	-	3+1	4
7	TN-12567	Null	7+8	-	3+1	4
8	Wc-45501	Null	Unknown	-	–	–
9	Kc- 525	2*	17+18	-	3+3	6
10	TN-12635	1	20	-	3+1	4
11	Wc-3122	2*	17+18	-	3+3	6
12	Wc-45505	2*	17+18	-	3+3	6
13	فلات	1	7+9	7+9	1+1+3	5

همان‌طور که در جدول۶ مشاهده می‌شود رقم ایگل که یک گندم نان است و ژنوتیپ‌های شماره ۹ (Kc- 525) و ۱۱ (Wc-3122) و ۱۲ (Wc-45505) در مکان‌ژنی Glu-A1 آلل *۲ و در مکان‌ژنی Glu-B1 آلل ۱۸+۱۷ را نشان دادند و امتیاز ژنومی بالاتری نیز نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها داشتند. با توجه به رابطه بین Glu-B1x با کیفیت پخت نان، بررسی‌های به‌عمل آمده نشان می‌دهد که 1Bx7+1By8, 1Bx7+1By9 و 1Bx17+1By18 با کیفیت مطلوب پخت نان در ارتباط می‌باشند (Yang *et al.*, 1991). بنابراین در کارهای اصلاح نباتی مربوط به بهبود کیفیت پروتئین‌های ذخیره‌ای گندم‌های دوروم ، این ژنوتیپ‌ها می‌تواند به‌عنوان یک پیشنهاد مطلوب به‌عنوان یکی از والدین انتخاب شوند. با توجه به این مسئله که علاوه بر کیفیت پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر، صفات کیفی دیگری نیز در خواص خمیر و کیفیت پخت تأثیرگذارند، بنابراین انجام بررسی‌های مولکولی همراه با مطالعه و سنجش صفات کیفی می‌تواند به محققین در شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های دارای کیفیت بالای نانوایی کمک شایانی کند.

سپاسگزاری

از آزمایشگاه شیمی موادغذایی و مارکرهای مولکولی بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر به‌خاطر در اختیار گذاشتن امکانات تشکر و قدردانی می‌شود.

REFERENCES

Arzani A (2002) Grain quality of durum wheat germplasm as affected by heat and drought stress at grain filling period. Wheat Information Service 94: 9-14.

Autran JC, Abecassis J, Feillet P (1986) Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheat.

Cereal Chemistry 63: 390-394.
Bahrami M (2002) Identified quality and rheological properties of dough for bread flour. Isfahan University of Technology.
Eslami M, Mir Muhammadi Meybodi AM, Arzani A (2004) Evaluating grain quality traits and their heritabilities in durum wheat. Science and Technology of Agriculture and Natural. 9: 121-128.
Gol Abadi M, Arzani A (2001) Grain quality traits, glutenin subunits and their relationship in durum wheat. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 3: 189- 202.
Beasley HL , Uthayakumaran S, Stoddard F L, Partridge SJ, Daqiq L, Chong P, Békés F (2002) Synergistic and additive effects of three high molecular weight glutenin subunit loci. II. Effects on wheat dough functionality and end-use quality. Cereal Chemistry.79: 301-307.
Bellil I, Chekara M, Bouziani, Khelifi D (2012) Genetic diversity of high and low molecular weight glutenin subunits in saharan bread and durum wheat from Algerian Oases. Czech. Journal of Plant Breeding. 48: 23-32.
Buhraei S, Saidi A, Alizadeh D (2004). High molecular weight glutenin subunits of current bread wheats grown in Iran. Euphytica. 137: 173-179.
Deckard EL, LR Joppa, JJ Hammond and GA Harelard (1996) Grain protein determinants of the longdon durum-dicoccoides chromosome subsititution lines. Crop Science. 36: 1513-1516.
Dexter JE, Matsuo RR (1980) Relationship between durum wheat protein properties and pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. Agricultural and Food Chemistry. 26:899-905.
Gale KR (2004) Diagnostic DNA markers for quality traits in wheat. Journal of Cereal Science. 41: 181–192.
Gamari M, Peigambardust SH, Rashekarim K (2008) GMP. 18th National Congress on Food Technology.
Halford NG, Field JM, Blair H, Urwin P, Moore K, Robert L, Thompson R, Flavell RB, Tatham AS, Shewry PR (1992) Analysis of HMW glutenin subunits encoded by chromosome 1A of bread wheat *Triticum aestivum* L. indicates quantitative effects on grain quality. Theoretical and Applied Genetics. 83:373-378.
Irani P (2000) Pasta quality traits of some durum wheat varieties. Journal of Agricultural Science and Technology 2: 143-148.
Jiang D, Fan X, Dai T, Cao W (2008) Nitrogen fertilizer rate and post- anthesis waterlogging effects on carbohydrate and nitrogen dynamics in wheat. Plant Soil. 304: 301- 314.
Joppa LR, Cantrell RG (1990) Chromosomal location of genes for grain protein content of wild tetraploid wheat. Crop Science 30: 1059-1064.
Kovacs MIP, Postet LM, Butlert G, Woods SM, leisle DL, Noll JS, Dahlke G (1997) Durum wheat quality: Comparison of chemical and rheological screening tests with sensory analysis. Cereal Science. 25: 65-75.
Lagudah ES, Floor RG, Halloran GM (1987) Variation in high molecular weight glutenin subunits in landraces of hexaploid wheat from Afghanistan. Euphytica. 36: 3-9.
Liu CY, Shepherd KW (1996) Variation of B sub units of Glutenin in durum, wild and less-widely cultivated tetraploid wheat. Plant Breeding. 15:172-178.
Li Z, Zhang X, Zhang H, Cao S, Wang D (2008) Isolation and characterization of a novel variant of HMW glutenin subunit gene from the genome of *Pseudoroegneria stipifolia*. Journal of Cereal Science. 47: 429-437.
Mac R, Ducros DL, Wrigley CW (1990) Flour polypeptides related to wheat quality. Advanced Cereal Science Technology. 10: 79-88.
Matsoukas NP, Morrison WR (1991) Bread making 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.
Mohammadi A, Valizadeh M, Mogaddam M, Arshad I, Javadian N, Mohebbalipure N (2007) Assessment of genetic diversity of wheat glutenin aggregate number of indigenous North. Knowledge of Modern Agriculture. 11 : 61-70.
Nevo E, Payne PL (1987) Wheat storage proteins: diversity of HMW glutenin

subunits in wild emmer from Israel.Geographical patterns and ecological predictability. Theoretical and Applied Genetics. 74: 827-836.

Nobovvati S, Aghae sarbarzeh M, Chogan R, Ganavati F, Najafian G (2011) Genetic Variation in Agronomic Characteristics and Grain Quality Traits of Durum Wheat Genotypes. Journal of Seed and Plant Improvement. 26(3): 331-350

Payne RI, Lawrence C J (1983) Catalogue of alleles for the complex gene loci. Glu-A1, Glu-B1, and Glu-D1 which code for high molecular weight subunits of Glutenin in hexaploid wheat. Cereal Research Communications. 11(1):29-35.

Payne PI, Holt LM, Law CN (1981) Structural and genetical studies on the high molecular weight subunits of wheat glutenin. 1. Allelic variation in subunits amongst varieties of wheat (T. *aestivum* L.) Theoretical and Applied Genetics. 60: 229-236.

Payne PI (1987) The genetic basis of bread making quality in wheat. Aspects of Applied Biology. 15: 79–90.

Raciti CN, Doust MA, Lombardo GM, Boggini G, Pecetti L (2003) Characterization of durum wheat Mediterranean germplasm for high and low molecular weight glutenin subunits in relation with quality. European Journal of Agronomy. 19: 373-382.

Rajabzadeh N (1997) Bread Technology. Tehran University Press, Tehran, Iran.

Ram S (2003) High molecular weight glutenin subunit composition of Indian wheat and their relationships with dough strength. Plant Biochemistry and Biotechnology. 12: 151-155.

Rashidi Monfared S, Nagavi MR, Husseinzade A, Mardi M (2007) Genetic diversity and heavy subunits of glutenin detected ¬ native genotypes and cultivars of durum wheat using protein markers. Iranian Journal of Biology. 21: 393-399.

Shahinnia F, Rezaie A, Saedi A (2002) Variation and path coefficient analysis of bread making quality traits in breeding lines, cultivars and landrace varieties of wheat. Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources 6(2): 77-88.

Shewry PR, Tatham AS, Forde J, Kreis M, Miflin BJ (1986) The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: a reassessment. Journal of Cereal Science. 4: 97-106.

Singh NK, Shepherd KW, Comish GB (1991) Rapid communication: a simplified SDS-PAGE. Procedure for separating LMW subunits of Glutenin. Journal of Cereal Science. 14: 203-208.

Sissons MJ (2005) Relationship between glutenin subunit composition and gluten strength measurements in durum wheat. Journal of Science of Food and Agriculture. 85: 2445-2452.

Tatham AS, Shewry PR, Belton PS (1990) Structural studies of cereal prolamins, including wheat gluten. Cereal Science. 10: 1-78.

Tohver M (2007) High molecular weight (HMW) glutenin subunit composition of Nordic and Middle European wheat. Genetic Resources and Crop Evolution. 54: 67-81.

Turnbull K (2001) Quality assurance in a dry pasta factory. In: Kill RC, Turnbull K (EDs) Pasta and semolina technology, Blackwell Scientific, Oxford. p:181-221.

Yang RC, Jana S, Clarke JM (1991) Phenotypic diversity and associations of some potentially drought-responsive characters in durum-wheat. Crop Science. 31: 1484-1491.