مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دوازدهم، شماره 3، پاییز 1396، صفحات 76-65

تأثیر زیرواحدهای سنگین گلوتنین گندم بر برخی از ویژگی‌های کیفی بیسکویت

آرزو امیدوار[1]، هاجر عباسی[2]، مریم گل‌آبادی[3]

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

2- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
پست الکترونیکی: h.abbasi@Khuisf.ac.ir

3- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: 95/6/8 تاریخ پذیرش: 95/10/13

چکیده

سابقه و هدف: بیسکویت یکی از فرآورده‌های قنادی است که به سبب ماندگاری طولانی و خصوصیات بافتی مخصوص، یکی از پرمصرف‌ترین محصولات برپایه غلات به شمار می‌رود. با توجه به نقش زیرواحدهای پروتئین گلوتن در کیفیت آرد، در این تحقیق بررسی تأثیر زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در ده رقم گندم ایرانی بر خصوصیات کیفی بیسکویت مورد نظر است.

مواد و روش‌ها: ده ژنوتیپ گندم نان تهیه و اجزاء پروتئین گلوتنین آنها با استفاده از روش SDS-PAGE تفکیک و مورد بررسی قرار گرفتند. از هر یک از ارقام، آرد مناسب تهیه و جهت تولید بیسکویت استفاده شد. فاکتورهای کیفی محصول چون میزان تردی، ابعاد و دانسیته نمونه‌ها و ارتباط آنها با اجزاء گلوتنین سنگین وزن گندم مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$ بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های کیفی بیسکویت به خود اختصاص می‌دهد. وجود زیرواحدهای 1، 10+5 و 12+2 تأثیر منفی بر مساحت بیسکویت دارند. به‌علاوه وجود آلل 18+17 تأثیر مثبت و وجود آلل 15+14 تأثیر منفی قابل ملاحظه‌ای بر سفتی بافت بیسکویت دارند. در این مکان ژنی آلل 18+17 بر حداکثر مقاومت و آلل 8+7 و 16+13 بر ضخامت محصول تاثیرگذار است. در مکان ژنی Glu-A1، آلل 1 بر دانسیته و آلل 2^* بر ضخامت و در مکان ژنی Glu-D1، آلل 10+5 بر دانسیته بیسکوئیت تاثیرگذار است.

نتیجه‌گیری: زیر واحدهای HMW-GS در کیفیت بافتی بیسکویت تأثیرگذار می‌باشد. بررسی چگونگی این تأثیرات و همچنین داشتن آگاهی از وضعیت زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در انتخاب والدین واجد زیرواحدهای مورد نظر جهت برنامه‌های به‌نژادی گندم می‌تواند از نظر بهبود و کنترل کیفیت فرآورده‌های غلات مطلوب باشند. قابل ذکر است که رقم پیشگام که از لحاظ فاکتورهای کیفی نانوایی مطلوبیت چندانی ندارد، برای تولید بیسکویت مناسب است.

واژگان کلیدی: بیسکویت، آلل، الکتروفورز، زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا

• مقدمه

بیسکویت یکی از فراورده‌های قنادی است که به دلیل امکان نگهداری طولانی مدت، تأمین مواد مغذی ضروری و خصوصیات ارگانولپتیکی مطلوب، از مصرف گسترده‌ای در اغلب جوامع برخوردار است (1). خمیر بیسکویت از نظر رئولوژیکی دارای ویژگی‌های ویسکوالاستیک ویژه‌ای است. خمیر این فراورده باید دارای قابلیت کشش زیاد و تنش شکست ناچیز باشد تا پس از فرم گرفتن و قالب‌زنی، حالت اولیه‌ی خود را در مراحل بعدی به خوبی حفظ نموده و شکل بیسکویت مناسب باشد (2). کیفیت بیسکویت به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین فرآورده‌های غلات تحت تأثیر عوامل متعدد از جمله کمیت و کیفیت ترکیبات مورد استفاده قرار می گیرد (3). از بین مواد تشکیل دهنده بیسکویت، کیفیت آرد گندم نقش اصلی در تغییر کیفیت محصول نهایی را ایفا می‌کند. ساختار و بافت بیسکویت تحت تأثیر پروتئین آرد گندم به ویژه گلوتن است (4). ارقام مختلف گندم از نظر کمیت و کیفیت پروتئین با هم متفاوتند. از این‌رو آردهای

حاصل از ارقام مختلف گندم از نظر خواص عملکردی تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارند (5). آرد مناسب برای تهیه هر محصول دارای ویژگی‌های مخصوصی است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که مقدار پائین پروتئین، گلوتن، و قدرت الاستیسیته، قدرت جذب آب اندک و تنش شکست ناچیز در برابر تغییر شکل، ویژگی‌هایی است که از آرد مورد استفاده برای تهیه بیسکویت انتظار می‌رود (3). مطابق ضوابط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، آرد مورد استفاده برای تهیه بیسکویت باید دارای حداقل 7/5 درصد پروتئین، 20 درصد گلوتن مرطوب، حداکثر 0/60 درصد خاکستر و 15درصد رطوبت، pH بین 6/3-5/3 و اندازه ذرات آرد آن کمتر از 400 میکرون باشد (6). در واقع از انواع متفاوت آرد گندم، خمیر و محصولات نهایی با ویژگی‌های رئولوژی و پخت متفاوت تولید می‌شود (7). در صورت عدم استفاده از آرد مناسب، کارخانه برای رسیدن به کیفیت مطلوب بیسکویت مجبور به افزایش مقدار روغن و شکر در فرمولاسیون یا استفاده از مواد شیمیایی و احیا کننده نظیر SO_2 و متابی-سولفیت سدیم است (2). بدیهی است استفاده از مقادیر بیشتر روغن و شکر یا مواد شیمیایی مختلف از نظر تغذیه‌ایی و اقتصادی مشکلات متعددی را برای مصرف کننده و تولید کننده به همراه دارد. لذا بررسی چگونگی تأثیر ویژگی‌های آرد بر کیفیت فرآورده‌های حاصل از آن ازجمله بیسکوئیت بسیار قابل اهمیت است. در بررسی تأثیر زیرواحدهای گلوتنین مشخص شد که وجود زیرواحدهای HMW-GS آلل‌های 8+6 و 18+17 مربوط به مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$ با پروتئین بیشتر، ارزش آلوئوگراف کمتر، قابلیت گسترش کمتر، زمان مخلوط شدن و مقاومت کمتر در میکسوگراف مرتبط هستند (8). Flate and Uhlan (2003) نیز گندم حاصل از سه تلاقی را از لحاظ زیر واحدهای گلیادین و گلوتنین با وزن مولکولی زیاد و کم بررسی و ارتباط آنها با خواص نانوایی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش‌ها مؤید وجود ارتباط معنی‌دار میان زیرواحدهای پروتئینی گندم با ویژگی‌های کیفی آرد و محصولات تولیدی از آن است (9). در تحقیقی که بر روی تغییرات ساختاری پروتئین در طول رشد بذر و فرآیند عمل‌آوری خمیر گزارش شد که تشکیل پلیمر گلوتن در گندم نه تنها بین ارقام متفاوت است بلکه با توجه به تغییرات آب و هوا و محیط زیست نیز تغییر می‌کند (10). از این رو مطالعات زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در تعیین خواص ویسکوالاستیسیته خمیر و ویژگی‌های نانوایی مهم هستند (11). Tilly و همکاران (2000) نیز گزارش کردند که زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا (HMW-GS) بیشترین تأثیر را بر خاصیت نانوایی دارند (12). Bahraei (2000) نیز خواص کیفی و خلوص ژنتیکی تعدادی از ارقام و لاین‌های گندم دوروم را با توجه به زیرواحدهای سنگین گلوتنین مورد مطالعه قرار داد و گزارش کرد که با استفاده از نشانگرهای پروتئین ذخیره بذر می‌توان کیفیت آرد ژنوتیپ-های مختلف را تعیین نمود. همچنین خصوصیات میکسوگرافی خمیر تحت تأثیر زیر واحدهای HMW-GS قرار دارد (13). در مطالعه‌ای بر 18 آلل مربوط به زیرواحد گلوتنین مشخص شد که آلل‌های مربوط به مکان ژنی $GLU\text{-}A_1$ در آزمایش حجم رسوب SDS باعث حجم رسوب SDS بالاتری و آلل مربوط به جایگاه $GLU\text{-}B_1$ کیفیت بالاتری را دارا می‌باشد ولی آلل‌های مربوط به جایگاه $GLU\text{-}D_1$ در آزمایش الکتروفورز عمودی نسبت به بقیه مکان‌های ژنی بهترین هستند (14). همچنین در مطالعات بسیاری به نقش مهم‌تر زیر واحدهای مکان ژنی مستقر در ژنوم D، بر کیفیت نانوایی اشاره شده است (15). با توجه به بررسی منابع و فقدان مطالعات صورت گرفته در این خصوص این پژوهش با هدف بررسی زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در ده رقم گندم بومی ایران به بررسی تأثیر آنها بر ویژگی‌های کیفی بیسکویت انجام شد.

• مواد و روش‌ها

تهیه ارقام گندم مورد بررسی و استاندارد: در این تحقیق ده رقم گندم اصلاح شده ایرانی به اسامی الوند، ارگ، بم، بک-کراس روشن، سیروان، سپاهان، سیوند، پارسی، پیشتاز و پیشگام از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان در سال 1392 تهیه شد. از ارقام چاینیزاسپرینگ حاوی باندهای (8+7 و 12+2)، هیرمند (*2، 18+17 و 12+2)، فلات (1، 9+7 و 10+5) و گابو (*2، 18+17 و 12+2) به عنوان ارقام استاندارد جهت شناسایی زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در الکتروفورز استفاده گردید. ارقام شاهد از بانک ژن گیاهی مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردیدند. باندهای دیگر با توجه به حرکت نسبی آنها نسبت به باندهای فوق شناسایی شدند.

ارزیابی صفات کیفی ارقام گندم: ویژگی‌های ارقام گندم انتخاب شده در این پژوهش از جمله میزان پروتئین (استاندارد ملی ایران به شماره 19052)، محتوی گلوتن مرطوب آرد و اندیس گلوتن (استاندارد ملی ایران شماره 2-9639) و حجم رسوب زلنی (استاندارد ملی ایران به شماره 3681) مورد بررسی قرار گرفت.

آسیاب کردن دانه‌های گندم: دانه‌های گندم در کارخانه آرد عظیم گلپا توسط دستگاه آسیاب غلطکی آسیاب شدند. به این منظور پس از ارزیابی درصد رطوبت واریته‌های مختلف گندم توسط دستگاه NIR، نم‌زنی آنها تا رسیدن به رطوبت 14/5% در دو مرحله به منظور نفوذ مناسب رطوبت در لایه‌های مختلف گندم صورت گرفت. بعد از نم‌زنی، و ایجاد حالت لاستیکی در پوسته گندم، نمونه‌ها توسط والس‌های خرد کننده (24، 10) آسیاب شدند. پس از حصول به دانه‌بندی معین با استفاده از الک آزمایشگاهی دارای توری‌های نایلونی با اندازه‌های 457، 180 و 125 میکرومتر، آرد ستاره با 18% سبوس‌گیری حاصل آمد.

الکتروفورز زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا: الگوی الکتروفورزی پروتئین ذخیره‌ای آندوسپرم ارقام گندم با استفاده از روش SDS-PAGE ژل آکریل آمید سدیم دودسیل سولفات 10 درصد بر اساس روش Fullington و همکاران (1983)، مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور از تک‌تک ژنوتیپ‌ها و نمونه‌های شاهد به صورت تصادفی، بذر سالم انتخاب گردید. جنین توسط اسکارپل یا تیغ جراحی از بذر جدا شد و آرد حاصل از هر واریته گندم در لوله‌های اپندروف ریخته شد و 400 میکرولیتر محلول استخراج پروتئین (مقدار 8 میلی‌لیتر آب مقطر، 3/4 میلی‌لیتر بافر استخراج کننده 3x و 0/6 میلی‌لیتر 2- مرکاپتواتانل با هم مخلوط گردیدند. این محلول جهت استخراج پروتئین از دانه استفاده می‌شود و برای هربار استفاده به صورت تازه تهیه شد) افزوده و سپس توسط ورتکس (MFT- VO-02) هم‌زده شد تا مخلوط کاملاً یکنواخت و همگن شود. این عمل هر 15 دقیقه یکبار تکرار و در مجموع 4 مرتبه انجام شد. قبل از آخرین ورتکس برای غیر فعال کردن آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین، لوله‌های اپندروف به مدت 10 دقیقه در حمام آب گرم 70 تا 80 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. نمونه‌ها به مدت 8 تا 12 ساعت پس از آخرین ورتکس در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند و پس از این مدت نمونه‌ها با دور 13000 rpm به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ شدند. با سوار شدن دستگاه مقدار 15 میکرولیتر از عصاره پروتئین به داخل هر چاهک تزریق شد و سپس الکتروفورز عمودی انجام شد (16). برای افزایش دقت در تشخیص زیرواحدهای پروتئین، الگوی الکتروفورزی هر لاین چهار مرتبه تکرار شد. به منظور بهبود جداسازی زیرواحدهای 2 و 2^* با تحرک نسبی مشابه و عدم تفکیک مناسب، از ژل رقیق‌تر (7/5) درصد استفاده شد (17). شناسایی و نامگذاری زیرواحدهای HMW-GS، مطابق روش ارائه شده توسط Payn and Lawrance (1983) و امتیازدهی آللی و ژنوم زیرواحدهای HMW-GS از طریق جمع نمره‌های تک‌تک باندها محاسبه گردید (18).

تولید بیسکویت: در جدول 1 نوع و مقدار مواد اولیه مورد استفاده در تهیه بیسکویت نیمه شیرین سخت آورده شده است.

جدول 1. اجزاء و مقدار مواد اولیه مورد استفاده در خمیر بیسکویت

ماده اولیه	مقدار (درصد)
آرد	62/8
شکر	7
آب	10
روغن شورتینینگ	11
پودرشیرخشک	2
شربت اینورت	3
سدیم‌کلراید	1
سدیم بیکربنات	1/2
آمونیوم بیکربنات	1/6
اسانس	0/3

در این پژوهش برای تهیه خمیر بیسکویت از روش کرم کردن مطابق Manley و همکاران (2000) استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا شکر، روغن، شربت اینورت و اسانس در میکسر به صورت کرم در آمده و سپس سدیم‌کلراید، سدیم بیکربنات و آمونیوم بی‌کربنات با آب مخلوط شده و به کرم اضافه شد. آرد و پودر شیرخشک به کرم حاصل افزوده و تا به دست آوردن خمیر یکنواخت و مناسب به عمل همزدن ادامه داده شد (19). خمیر بیسکویت تهیه شده با استفاده از قالب‌زن استیل ضدزنگ تقسیم و قالب‌های خمیر پس از قرار گرفتن داخل سینی‌های مخصوص، درون فر پخت گردیدند. پخت نمونه ها در درجه حرارت 230 و در مدت زمان 8 دقیقه انجام گرفت. بیسکویت‌ها پس از پخت و قرار گرفتن در معرض جریان هوا به مدت 30 دقیقه خنک شده و در بسته‌های پلی-اتیلینی بسته‌بندی شدند. بسته‌های بیسکویت تا زمان انجام آزمایش در دمای اتاق نگهداری شدند.

بررسی ویژگی‌های کیفی بیسکویت

الف) میانگین ابعاد: میانگین ابعاد (طول، عرض و ضخامت) بیسکویت‌ها با روی هم قرار دادن 3 عدد از هر نوع با استفاده از کولیس ارزیابی و محاسبه شدند (20).

ب) اندازه‌گیری دانسیته: اندازه‌گیری دانسیته بیسکویت‌ها مطابق روش Igrejas و همکاران (2002) انجام شد. به این

منظور 3 عدد بیسکویت روی هم قرار گرفت و با 3 بار تکرار ابعاد آنها اندازه‌گیری شد. دانسیته بیسکویت‌ها با تقسیم وزن به حجم نمونه‌ها محاسبه گردید (20).

ج) ارزیابی ویژگی‌های بافتی بیسکویت: اندازه‌گیری میزان تردی بیسکویت‌ها با استفاده از آزمون مقاومت خمشی با دستگاه اینستران انجام شد. بدین منظور پروب تیغه‌ای شکل به قسمت هد دستگاه اینستران متصل گردید. دو طرف هر قطعه بیسکویت بر روی تکیه‌گاهی با فاصله مشخص قرار گرفت و سپس دستگاه جهت وارد آوردن فشار روی نمونه توسط پروب راه‌اندازی شد. حداکثر تنش شکست سطح زیر بیسکویت برای هر نمونه بر حسب گرم بر میلی‌متر مربع طبق روش Gaines و همکاران (1992) از طریق رابطه 1 به دست آمد (21).

رابطه (1)

$$\sigma = \frac{3fl}{2bh^2}$$

که در آن:

F = نیروی وارده از طرف دستگاه در لحظه شکست (گرم)

L = فاصله دو تکیه‌گاه (میلی‌متر)

b = عرض نمونه (میلی‌متر)

h = ارتفاع نمونه (میلی‌متر)

تجزیه و تحلیل آماری نتایج: تجزیه واریانس آلل‌های مکان ژنی Glu-1، با استفاده از طرح کاملا تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل (فاکتورها $Glu\text{-}A_1$، $Glu\text{-}B_1$ و $Glu\text{-}D_1$) و سطوح آنها آلل‌های موجود در هر مکان ژنی می‌باشد) انجام گردید. مقایسه میانگین پارامترهای مختلف با استفاده از آزمون LSD انجام شد. ضرایب همبستگی زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا با صفات بیسکویت محاسبه شدند. برای بررسی همبستگی بین آلل‌های مکان ژنی Glu-1، با صفات بیسکویت از ضریب همبستگی پیرسون و برای همبستگی بین آلل‌های مکان ژنی Glu-1، از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده گردید. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9/1 انجام گردید.

• یافته‌ها

در جدول 1 نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های کیفی ارقام گندم مورد بررسی آورده شده است.

همان طور که ملاحظه می‌شود ده رقم مورد مطالعه از لحاظ تمام پارامترهای مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. در این بین سپاهان بالاترین محتوی پروتئین، گلوتن مرطوب و عدد زلنی و رقم پیشگام کمترین مقدار این پارامترها را به خود اختصاص می‌دهد.

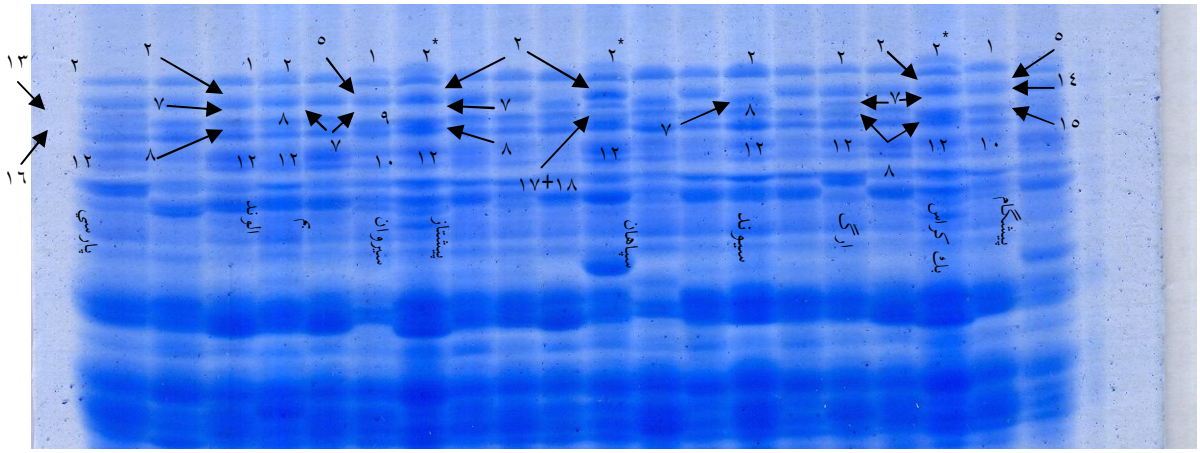
جدول 2. مقایسه میانگین صفات مرتبط با کیفت نانوایی در ده رقم گندم

ارقام	پروتئین (%)	حجم رسوب زلنی (میلی‌لیتر)	محتوای گلوتن مرطوب (%)	وزن هزار دانه (گرم)
الوند	8/06^{g}	10/33^{e}	23/33^{g}	49/78de
بم	7/31^{h}	13/66^{d}	24/33^{fg}	50/09^{d}
بک‌کراس‌روشن	12/73^{b}	24/00^{a}	37/33^{b}	47/24^{g}
ارگ	8/79^{f}	17/65^{b}	25^{efg}	49/25^{e}
سیروان	10/85^{d}	24^{a}	28/33^{d}	52/87^{b}
پیشتاز	9/13^{e}	10/33^{e}	27/33de	51/23^{cd}
سپاهان	14/62^{a}	17/65^{b}	40/33^{a}	47/65^{f}
پارسی	11/97^{c}	17/65^{b}	33/66^{c}	53/71^{a}
سیوند	6/98^{i}	15/00^{c}	26/33^{def}	50/96^{cde}
پیشگام	5/46^{j}	10/33^{e}	14/33^{h}	51/66^{c}

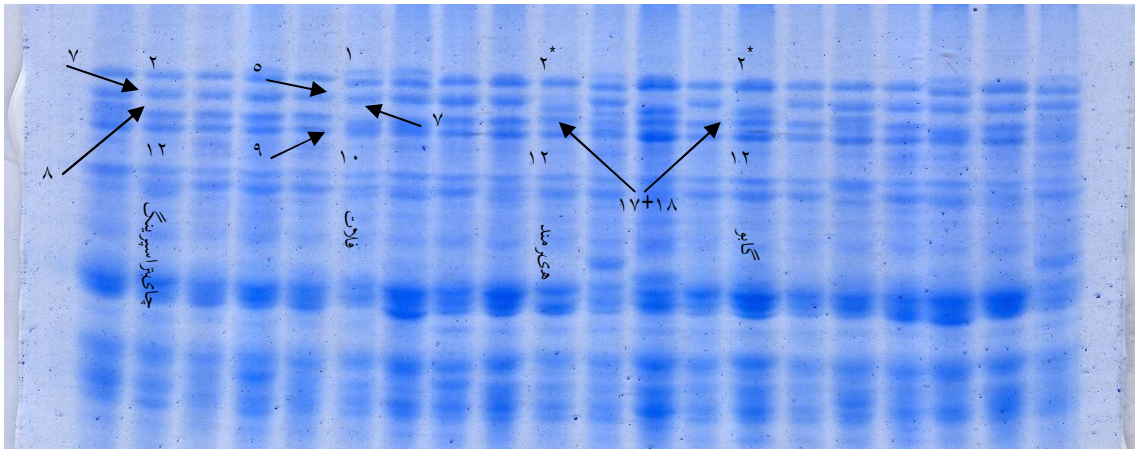
میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 95 درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

شکل 1 نمایانگر زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در ارقام و لاین‌های گندم مورد بررسی گندم بر ژل الکتروفوز آنهاست. در هر رقم گندم 3 تا 5 زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا مشاهده می‌شود. برای جداسازی زیرواحدهای 2^* و 2 در بعضی از لاین‌های گندم و شاهد (چاینیزاسپرینگ، هیرمند، فلات و گابو)، از روش SDS-PAGE با ژل 7/5 درصد استفاده شده است که نتایج آن در شکل 2 آورده شده است.

زیرواحدهای HMW-GS، که بر روی بازوی بلند کروموزوم‌های A1، B1 و D1 قرار دارند به ترتیب به صورت $Glu\text{-}A_1$، $Glu\text{-}B_1$ و $Glu\text{-}D_1$ نامگذاری شده‌اند. در گندم‌های زراعی مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$ فقط زیرواحد X و $Glu\text{-}B_1$ هر دو زیرواحد نوع X و Y یا فقط زیرواحد X و مکان ژنی $Glu\text{-}D_1$ هر دو زیرواحد نوع X و Y را کنترل می کند. زمانی که در مکان $GLU\text{-}A_1$ هیچ کدام از ژن‌ها بروز نکند در این صورت گفته می‌شود که ژنوتیپ دارای آلل نول می‌باشد. عدم مشاهده برخی از زیر واحدها در الگوهای باندی SDS-PAGE احتمالاً به دلیل حذف یا عدم بیان ژن‌های کد کننده آن است. بنابراین در گندم نان بین سه تا پنج زیرواحد مشاهده می‌شود.



شکل 1. الگوی الکتروفورزی زیرواحدهای گلوتنین سنگین باروش SDS-PAGE بر روی ژل 10 درصد



شکل 2. الگوی الکتروفورگرام ارقام و لاین‌های گندم نان اصلاح شده به روش SDS-PAGE بر روی ژل 7/5 درصد جهت تفکیک و تشخیص باندهای 2 و 2^*

جدول 2 تنوع آللی زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در ده لاین و رقم مورد بررسی را نشان می‌دهد. درکل 16 نوع زیرواحد از زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در مکان ژنی Glu-1، مشاهده شد که در مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$ آلل 1، 2* و Null در مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$، 4 زیر واحد تیپ X شامل 7، 17، 13و 14 و همچنین 5 زیرواحد تیپ Y شامل 8، 9، 18، 16 و 15 و در مکان ژنی $Glu\text{-}D_1$، 2 زیرواحد تیپ Xشامل 2و 5 و همچنین 2 زیرواحد تیپ Y شامل 10 و 12 شناسایی گردید.

به منظور مطالعه نقش زیرواحدهای HMW-GS در صفات و بافت بیسکویت حاصل از ژنوتیپ‌های انتخابی، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برای صفات مرتبط، بر مبنای تنوع آللی در هر یک از مکان‌های ژنی به طور جداگانه و در کلیه زیرواحدها انجام شد.

نتایج تجزیه واریانس مکان ژنی Glu-1، برای صفات بیسکویت در جدول 3 نشان می دهد که از میان سه مکان ژنی مورد بررسی، تأثیر مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$ بر روی ویژگی‌های بیسکویت بیشتر از سایر مکان‌های ژنی است. همان طور که مشاهده می‌شود تأثیر مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$ بر ضخامت و دانسیته، مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$ بر ضخامت، مساحت، دانسیته و حداکثر تنش شکست و مکان ژنی $Glu\text{-}D_1$ بر تغییرات دانسیته و فاکتور حداکثر تنش شکست معنی‌دار است.

جدول 2. زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در ده گندم نان مورد بررسی

شماره	نام ارقام	مکان ژنی		
		$Glu\text{-}A_1$	$Glu\text{-}B_1$	$Glu\text{-}D_1$
1	الوند	1	7+8	2+12
2	بم	N	7+8	2+12
3	بک‌کراس‌روشن	2*	7+8	2+12
4	ارگ	N	7+8	2+12
5	سیروان	1	7+9	5+10
6	پیشتاز	2*	7+8	2+12
7	سپاهان	2*	17+18	2+12
8	پارسی	N	13+16	2+12
9	سیوند	N	7+8	2+12
10	پیشگام	1	14+15	5+10

N: مخفف Null و نشان دهنده عدم بیان زیرواحدهای x و y در مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$ است.

جدول 3. تجزیه واریانس پارامترهای فیزیکی و بافت بیسکویت برای مکان ژنی Glu-1

مکان ژنی	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
GluA1lu-A1 Glu-A1 Glu			مساحت (سانتی‌متر مربع)	ضخامت (سانتی‌متر)	دانسیته (gr/cm^3)	تنش شکست (grf/mm^2)
Glu-A1	تیمار	2	$4/21^{ns}$	$0/016^{**}$	$0/03^{*}$	$25/93^{ns}$
	خطا	27	2/00	0/002	0/003	403/51
Glu-B1	تیمار	4	$9/34^{**}$	$0/009^{**}$	$0/026^{***}$	$1414/45^{**}$
	خطا	25	1/90	0/002	0/001	211/55
Glu-D1	تیمار	1	$2/74^{ns}$	$0/001^{ns}$	$0/04^{**}$	$1386/1^{*}$
	خطا	28	2/07	0/003	0/003	321/00

^{ns}، *، ** و ***: به ترتیب عدم معنی‌دار شدن، معنی‌دارشدن در سطوح آماری 0/05، 0/01 و 0/001 را نشان می‌دهند.

مقایسه میانگین زیر واحدهای مکان ژنی Glu-1 برای صفات و بافت بیسکویت در جدول 4 نشان می‌دهد که در مکان ژنی Glu-A1، وجود آلل 2* بر افزایش ضخامت و وجود آلل 1 بر افزایش دانسیته محصول تأثیر معنی‌دار دارد. در مورد سایر صفات مورد بررسی در مورد بیسکویت مانند حداکثر تنش شکست و مساحت بیسکویت، اختلاف معنی‌داری بین وجود آلل‌های موجود مشاهده نشد و تمامی آلل‌ها در یک گروه قرار گرفتند.

در مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$، وجود آلل‌های 13+16 و 17+18 بیشترین تأثیر را بر ضخامت بیسکویت را دارند و با آلل‌های 7+9 و 7+8 از این حیث در یک گروه قرار می‌گیرند. وجود آلل 13+16 بر فاکتور حداکثر تنش شکست بیسکویت بالاترین تأثیر و با آلل‌های 7+9 و 14+15 از این نظر اختلاف معنی‌داری دارد. کمترین میانگین مربوط به واریته‌های دارای آلل 14+15 است که در گروهی متفاوت از نظر آماری قرار می‌گیرد. در بررسی دانسیته بیسکویت مشاهده می‌شود که آلل 14+15 بیشترین تأثیر را در افزایش این ویژگی به خود اختصاص و در رتبه اول قرار می‌گیرد. واریته‌های دارای آلل‌های 7+8، 7+9 و 13+16 در رتبه دوم قرار گرفتند. کمترین میانگین مربوط به واریته‌های دارای آلل 17+18 است که در مرتبه نهایی قرار می‌گیرند. برای صفت مساحت بین آلل‌ها اختلاف معنی‌دار وجود ندارد و بالاترین میانگین مربوط به ارقام دارای آلل 17+18 است.

در مکان ژنی $Glu\text{-}D_1$، وجود آلل 5+10 و 2+12 بر ضخامت بیسکویت تأثیر معنی‌دارای را نشان نمی‌دهد. در مورد دانسیته، آلل 5+10 بالاترین میانگین و با آلل 2+12 اختلاف معنی‌دار دارد. در بررسی مساحت و حداکثر تنش شکست بافت نمونه‌ها نتایج نشان می‌دهد که آلل 2+12 بالاترین میانگین و با آلل 5+10 از نظر آماری تفاوت معنی‌داری دارد.

همبستگی بین کیفیت بیسکویت و زیرواحدهای HMW-GS: نتایج حاصل از همبستگی میان ویژگی‌های کیفی بیسکویت با زیرواحدهای HMW-GS، در جدول 5 مشخص می‌کند که در مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$، در سطح آماری 5 درصد، آلل 1 با مساحت و آلل 2* با دانسیته همبستگی منفی و معنی‌داری و درسطح آماری 0/1 درصد آلل 1 با دانسیته و آلل 2* با ضخامت همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان می‌دهند. در مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$، در سطح آماری 5 درصد آلل 17+18 با حداکثر تنش شکست و آلل 7+8 با ضخامت بیسکویت و در سطح آماری 1 درصد نیز آلل 13+16 با ضخامت بیسکویت همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان می‌دهند. آلل 14+15 در سطح آماری 0/1 درصد با فاکتور حداکثر تنش شکست و دانسیته نمونه همبستگی منفی و معنی‌دار دارد. در مکان ژنی $Glu\text{-}D_1$، در سطح آماری 5 درصد، آلل‌های 5+10 و 2+12 با مساحت بیسکوئیت همبستگی منفی و در سطح آماری 1 درصد آلل 5+10 همبستگی مثبت و آلل 2+12 همبستگی منفی و معنی‌داری با دانسیته بیسکوئیت نشان می‌دهند.

جدول 4. مقایسه میانگین مکان ژنی Glu-1 برای صفات و بافت بیسکویت

صفات	GLU-A1			GLU-B1					GLU- D1	
	N	1	2*	7+9	14+15	7+8	13+16	17+18	5+10	2+12
مساحت(سانتیمترمربع)	28/18^{a}	28/03^{a}	26/95^{a}	26/27^{a}	27/00^{a}	28/00^{a}	27/76^{a}	28/48^{a}	26/64^{b}	28/03^{a}
ضخامت (سانتیمتر)	0/53^{b}	0/55^{b}	0/60^{a}	0/58^{a}	0/50^{b}	0/53^{ab}	0/60^{a}	0/60^{a}	0/55^{a}	0/55^{a}
دانسیته (gr/cm^3)	0/65^{b}	0/76^{a}	0/67^{b}	0/56^{bc}	0/75^{a}	0/57^{b}	0/53^{bc}	0/50^{c}	0/72^{a}	0/63^{b}
تنش شکست (gr/mm^2)	55/56^{a}	56/64^{a}	58/92^{a}	47/65^{b}	22/34^{c}	59/32^{ab}	79/56^{a}	64/45^{ab}	43/40^{b}	60/39^{a}

برای هر مکان ژنی، میانگین‌هایی که در هر سطر دارای حروف مشترک هستند، در سطح پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول 5. ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده و بافت بیسکویت با زیرواحدهای HMW-GS

صفات	$GLU\text{-}A_1$			$GLU\text{-}B_1$					$GLU\text{-}D_1$	
	N	1	2*	7+8	7+9	14+15	13+16	17+18	5+10	2+12
تنش شکست (grf/mm^2)	-0/018	-0/046	0/066	0/149	0/130	-/605***	0/163	0/394*	0/356	0/356
دانسیته(gr/cm^3)	-0/267	0/651***	-0/366*	-0/084	-0/119	-0/832***	-0/233	-0/353	0/535**	-0/535**
مساحت (سانتیمتر مربع)	0/157	-0/364*	0/196	*0/212	-0/341	-0/174	0/001	0/168	-/386*	-0/386*
ضخامت (سانتی‌متر)	-0/408*	-0/218	0/655***	0/408	0/333	-0/333	/508**	0/333	0/001	0/001

*، ** و ***: به ترتیب معنی‌دارشدن در سطوح آماری 0/05، 0/01 و 0/001 را نشان می‌دهند.

• بحث

در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری در مورد تأثیر زیر مجموعه‌های HMW-GS بر ویژگی‌های کیفی خمیر و محصولات حاصل از آرد گندم صورت گرفته است که می‌توان به تأثیر زیر مجموعه‌های HMW-GS بر کیفیت نان قالبی (17)، عملکرد پخت خمیرنان (22)، کیفیت رشته فرنگی و نان بخارپز چینی (23) و ویژگی‌های کیفی خمیر گندم (24) اشاره نمود.

نتایج تجزیه واریانس مکان ژنی Glu-1 گلوتنین سنگین وزن در این پژوهش که با هدف بررسی تأثیر این پروتئین بر ویژگی‌های کیفی بیسکویت صورت گرفت، نشان می‌دهد که در این مکان ژنی، $Glu\text{-}B_1$ بیشترین تأثیر در مقایسه با سایر مکان‌های ژنی را بر تغییر صفات کیفی ارزیابی شده در بیسکویت دارد. نتایج مطالعات دیگر در این خصوص نیز مؤید تأثیر بیشتر این مکان ژنی بر ویژگی‌های کیفی برخی محصولات مشابه حاصل از آنها است. به عنوان نمونه Igrejas و همکاران (2002) در مطالعه تأثیر مکان‌های ژنی HMW-GS بر کیفیت بیسکویت نیمه‌شیرین، تأثیر مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$ در Glu-1 را بیش از سایر مکان‌های ژنی معرفی کرده‌اند. البته به دلیل تغییر خصوصیات ژنتیکی و برهمکنش آنها در ارقام متفاوت مورد مطالعه و تأثیرات متنوع مکان‌های ژنی در تغییر ویژگی‌های کیفی مورد مطالعه در گندم یا محصولات، نتایج متفاوتی در این خصوص گزارش شده است (20). Turchetta و همکاران در سال 1995 شمار ناچیزی از زیر واحدهای متعلق به مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$، شامل 20، 8+6 و 8+7، را دارای تأثیر اندک بر کیفیت گلوتن و پخت پاستا گزارش کردند (25) و در برخی دیگر از پژوهش‌ها، زیر واحدهای متعلق به مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$ را دارای اثر بیشتر در استحکام گلوتن و اصلاح کیفی گندم دوروم معرفی شده‌اند (26). Nagamine و همکاران (2000) نیز تنوع آللی در مکان‌های ژنی GLU-1 و GLU-3 و خواص ویسکوالاستیک 85 واریته مربوط به جنوب ژاپن و 61 لاین اصلاحی را بررسی و گزارش کردند (27). بررسی تأثیرات HMW-GS بر ویژگی‌های کیفی خمیر و نان قالبی نشان می‌دهد که مشارکت مکان ژنی $Glu\text{-}D_1$ در بین مکان‌های ژنی Glu-1، بیش از سایرین است (28). از این‌رو HMW-GS، به طور گسترده‌ای در برنامه پرورش گندم با هدف ارتقاء کیفیت محصول برگزیده گردید چراکه به سادگی به وسیله SDS-PAGE و نشانگرهای مولکولی قابل جداسازی هستند (23). تفاوت در فاکتورهای کیفی مورد ارزیابی و همچنین تفاوت در آلل‌های بیان شده در واریته‌های مختلف گندم، دلیل اختلافات مشاهده شده در بیان تأثیر آلل‌های زیر واحدهای گلوتنین بر ویژگی‌های کیفی دانه یا محصولات مورد نظر حاصل از آنهاست (29). به عنوان نمونه مکان‌های ژنی و آلل‌های مؤثر بر بهبود فاکتورهای کیفی گلوتن مانند اندیس گلوتن یا عدد زلنی ممکن است تأثیر مشابهی بر ویژگی‌های کیفی محصولی مانند بیسکوئیت نداشته باشند و یا حتی تأثیرات مغایری از آنها مشاهده شود. چراکه آرد مناسب برای تهیه بیسکوئیت، آردی با خصوصیات الاستیک ضعیف است که امکان شکل‌دهی محصول و حفظ تردی بافت آن را تأمین کند. در صورتی‌که نمونه‌های دارای اندیس گلوتن بالا عموما دارای وزن مولکولی پروتئین بیشتر و خصوصیات الاستیک قوی‌تری هستند، که این ویژگی‌ها یقینا در بررسی زیرواحدهای پروتئینی نمایان‌گر خواهد شد.

با ارزیابی مقایسه میانگین آلل‌های مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$، در رابطه با پارامترهای کیفی بیسکویت مشاهده می‌شود که وجود آلل نول تأثیر معنی‌داری در افزایش مساحت بیسکویت دارد. در ضخامت و حداکثر تنش شکست، آلل 2^* بالاترین میانگین را به خود اختصاص می‌دهد. درحالی که مقایسه میانگین زیرواحدهای مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$، بر پارامترهای کیفی بیسکویت، مشخص نمود آلل 13+16 در میان آلل‌های موجود، میانگین بالاتری در ضخامت و حداکثر تنش شکست بیسکویت را به خود اختصاص می‌دهد که با نتایج Igrejas و همکاران (2002) مطابقت دارد. ولی در مساحت و دانسیته به ترتیب آلل‌های 17+18 و 14+15 بالاترین میانگین را دارا می‌باشند. در مقایسه میانگین آلل‌های مکان ژنی $Glu\text{-}D_1$ بر پارامترهای بیسکویت مشاهده شد که آلل 5+10 فقط در دانسیته بیسکویت بالاترین میانگین را شامل می‌شود و آلل 2+12 در فاکتور حداکثر تنش شکست نسبت به آلل 5+10 میانگین بالاتری دارد که این مشاهده با نتایج پژوهش‌های Igrejas و همکاران (2002) در این خصوص بر محصولات مشابه محصول مورد نظر با این پژوهش هماهنگی دارد (20).

مطالعات انجام گرفته در این خصوص بر سایر محصولات یا ویژگی‌های خمیر، مؤید وجود تفاوت در تأثیرپذیری پارامترهای مختلف مورد اندازه‌گیری از خصوصیات ژنتیکی پروتئین گندم است. به عنوان نمونه Deng و همکاران (2005)، گزارش کردند که تأثیر زیر مجموعه 14+15 مربوط به جایگاه $Glu\text{-}B_1$ بر کیفیت نانوایی بیش از زیر مجموعه 7+9 مربوط به همان جایگاه است و تأثیر زیر مجموعه 5+10 مربوط به جایگاه $Glu\text{-}D_1$ بیش از زیر مجموعه 10 می‌باشد (30).

پژوهشگران نشان دادند زیر مجموعه‌های 1 و *2 از مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$، 8+7، 18+17، 16+13 و 14+15 از مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$و 10+5 از مکان ژنی $Glu\text{-}D_1$ زیر مجموعه‌های مطلوبی برای کیفیت نان قالبی می‌باشند (31). در مکان ژنی $Glu\text{-}D_1$، زیر واحد 10+5 را به دلیل اثر مثبت آلل 5x، با ارزش‌ترین زیر واحدها از لحاظ کیفیت آرد و ارزش نانوایی گزارش کردند (32). تحقیقات ژنتیکی آلل‌های مربوط به زیرواحد گلوتنین با وزن مولکولی بالا در رابطه با کیفیت گندم دوروم مشخص می‌کند که زیر واحد *2 مربوط به مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$ نسبت به آلل نول مربوط به همان مکان ژنی کیفیت بهتری را در گندم دوروم ایجاد می‌کند (33). Barak و همکاران (2013) گزارش کردند که آرد حاصل از گندم‌هایی دارای زیر واحدهای *2، 9+7 و 12+2، زمان توسعه خمیر و مقاومت خمیر بالاتری نسبت به سایرین دارند. در حالی‌که آردهای دارای زیر واحدهای N، 20 و 12+2 خمیرهایی با دوام کمتر و تضعیف شدگی بیشتری را نتیجه می‌دهند. این موضوع می‌تواند به این حقیقت نسبت داده شود که زیر واحد 5 با دارا بودن وزن مولکولی بالا نقش مهمی در توسعه‌ی زنجیره‌های پلیمری در طول سنتز گلوتنین ایفا می‌کنند. نتایج آزمون فارینوگراف (والوریمتری) و پخت نان نشان می‌دهد که گلوتن گندم‌های دارای زیرواحدهای 10+5 نسبت به گلوتن گندم‌های دارای زیر واحدهای 12+2 بر این ویژگی مؤثرترند و این بدین معنی است که کیفیت نانوایی گلوتن‌های دسته اول برتر از دسته دوم می‌باشد (35، 34). در تحقیقی پژوهشگران اظهار کرده‌اند که گندم‌های دارای آلل 8+6 و 18+17 عموما دارای مقدار پروتئین بیشتر، ارزش آلوئوگرافی کمتر، میکسوگرافی بیشتر، گستردگی و قدرت خمیر کمتری دارند و وجود آلل 19+13 در ضخامت کوکی‌های شکری مؤثر است (36). از آنجا که با افزایش قوت پروتئین گندم به دلیل افزایش خاصیت الاستیک خمیر حاصل، شکل‌پذیری خمیر کاهش می‌یابد، مساحت محصول نهایی با قوت پروتئین نسبت معکوس دارد.

ارزیابی همبستگی بین زیرواحدهای HMW-GS با صفات بیسکویت نشان می‌دهد که تنها آلل‌های 15+14 و 18+17 با فاکتور حداکثر تنش شکست همبستگی دارند. از بین آلل‌های موجود در مکان ژنی $Glu\text{-}A_1$ تأثیر آلل 1 و *2 نسبت به آلل نول بیشتر است. آلل‌های 10+5 و 12+2 با دانسیته و مساحت همبستگی معنی‌داری نشان می‌دهند. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین آلل‌های موجود در مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$ و $Glu\text{-}A_1$ با ضخامت بیسکویت مشاهده شد. به طور کلی آلل‌های مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$ نسبت به دیگر مکان‌های ژنی همبستگی بیشتری با صفات بیسکویت نشان می‌دهند که بیانگر تأثیر بیشتر این مکان ژنی بر پارامترهای کیفی بیسکویت می‌باشد و نتایج این تحقیق با نتایج Igrejas و همکاران (2002) مطابقت دارد. نتایج مطالعات دیگری در این زمینه نیز نشان می‌دهدکه آلل‌های مکان ژنی $Glu\text{-}B_1$ بر طول کوکی‌ها تأثیر زیادی دارند (37). در بررسی تأثیر پروتئین‌های موجود در گندم بر کیفیت بیسکویت نیمه‌شیرین، دانشمندان اظهار داشته‌اند که از میان پروتئین‌های موجود در گندم، گلوتنین‌های دارای وزن مولکولی بالا بیشترین تأثیر را بر انعطاف‌پذیری خمیر و افزایش دانسیته بیسکویت نیمه‌شیرین دارند. همچنین خصوصیات میکسوگرافی خمیر تحت تأثیر زیرواحدهای HMW-GS قرار دارد (20). Morris و همکاران در سال 2005 با بررسی ویژگی‌های کیفی محصولات نهایی حاصل از واریته‌های گندم‌های نرم ایالات متحده به این نتیجه رسیدند که قطر بیسکویت با قابلیت پذیرش کلی بیسکویت از دیدگاه مصرف کننده رابطه مستقیم دارد و افزایش پروتئین باعث کاهش مقبولیت کلی محصول می‌شود. آنها رابطه معکوسی بین پذیرش محصول و قابلیت جذب آب آرد مشاهده کردند (38). در تحقیق انجام شده توسط Igrejas و همکاران (2002) بر بیسکویت شیرین گزارش شده است که طول بیسکویت تحت تأثیر زیرواحدهای HMW-GS قرار دارد. مطالعات متنوع دیگری ارتباط میان ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر آرد گندم و پروتئین‌های مونومری گلیادین، پلیمری گلوتنین (HMW-GS و LMW-GS)، آلبومین و گلوبولین را مورد تحقیق و مطالعه قرار داده‌اند (39). بررسی زیرواحدهای پروتئینی 84 واریته گندم نشان می‌دهد که 44-60 درصد از تغییرات کیفیت نانوایی به واسطه گوناگونی در زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی زیاد قابل توجیه است (17). بررسی پروتئین‌های گلوتن توسط Wieser (2007) نشان داد که در میان زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا مشارکت آلل‌های X بر ویژگی‌های خمیر بیش از آلل‌های نوع Y است. در مطالعه رابطه زیرواحدهای HMW-GS با کیفیت نانوایی در گندم نان پژوهشگران گزارش کردند آلل‌های *2، 10+5 و 18+17 همبستگی مثبت و آلل نول، 9+7 و 12+2 همبستگی منفی و معنی‌داری با صفت ارتفاع رسوب دارند (40). Andrews و همکاران (1994) همبستگی‌های میان مقدار و ترکیب زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی زیاد و کم و ویژگی‌های خمیر، حجم نان، امتیاز نان، جذب آب، زمان تکامل خمیر در فارینوگراف، بیشترین مقاومت خمیر در اکستنسوگراف و توانایی توسعه خمیر را بررسی نمودند. طبق

شواهد موجود، اجزاء پروتئین گندم هگزاپلوئید با ارزش نانوایی رابطه دارند. در مطالعه‌ای که در بررسی رابطه میان پروتئین‌های گلوتن شناسایی شده (کروماتوگرافی با درجه تبیین بالا و فاز معکوس RP-HPLC) و رفتار مخلوط کردن خمیر مورد بررسی قرار گرفت، مشخص شد که زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا و امگا گلیادین‌ها در طی فرآیند خمیرگیری اهمیت به‌سزایی دارند (10). بیشترین همبستگی زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا با مقاومت خمیر مشاهده شد.

با توجه به تأثیرات متنوع زیرواحدهای پروتئینی گندم خصوصاً گلوتنین‌های سنگین وزن بر ویژگی‌های کیفی محصولات مختلف ازجمله بیسکویت، با تلاقی والدین دارای ویژگی‌های مناسب در برنامه‌های اصلاح کیفیت گندم و تجمیع و گزینش نتایج حاصل، زیر واحدهای مناسب گلوتنین با وزن مولکولی بالا که توسط مکان‌های ژنی مختلف کنترل می‌شوند و دارای تأثیرات مطلوب بر کیفیت محصول مورد نظر هستند انتخاب و به این‌صورت اقدامات مناسب در پیشرفت اصلاحی کیفیت محصولات تولیدی بر پایه غلات صورت گیرد.

• References

1. Maghaydah S, Abdul-hussain S, Ajo R, Tawalbeh Y, Elsahoryi N. Effect of lupine flour on baking characteristics of gluten free cookies. Adv J Food Sci Technol 2013; 5: 605-600.
2. Manohar R, Rao H. Interrelation ship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits. Food Res Int 2002; 35: 807-13.
3. Abboud AM, Hoseney RC, Rubenthaler GL. Factors affecting cookie flour quality. Cereal Chem 1985; 62: 130-33.
4. Baltsavias A. Properties of short dough biscuits in relation to structure. J Cereal Sci 1999; 29: 245-55.
5. Morris CF, King GE. Registration of soft and hard red winter wheat near isogenic sister lines of 'Weston'. Crop Sci 2003; 42: 2219–2218.
6. Kadivar M. Cereal chemistry and technology. Isfahan: Isfahan University. Press; 2007. p. 1-168 [in Persian].
7. Mamat H, AbuHardan MO, Hill SE. Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. Food Chem 2010; 121: 1038-1029.
8. Labuschagne MT, Van Deventer CS. The effect of *Glu-B1* high molecular weight glutenin subunits on biscuit-making quality of wheat. Euphytica 1995; 83(3): 197-193.
9. Flate NES, Uhlan AK. Association between allelic variation at the combined Gli-1, Glu-3 loci and protein quality in common wheat (*Triticum aestivum* L.). J Cereal Sci 2003; 37: 137-129.
10. Kuktaite R. Protein Quality in Wheat: Changes in Protein Polymer Composition during Grain Development and Dough Processing. Doctoral Thesis. Department of Crop Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden; 2004.
11. Gianibelli MC, Larroque OR, MacRichie F, Wrigley CW. Biochemical,genetic and molecular characterization of wheat glutenin and its components subunits. Cereal Chem 2001; 78: 646- 635.
12. Tilly M, Bean SR, Seib PA, Sears RG, Lookhart GL. PCR amplification and DNA seaquencing of high molecular weight glutenin sununits 43 and 44 from Triticum tauschii accessions TA2450.Zn wheat gluten. Edited by P.R.Shewry and A.S.Tatham. The Royal Society of Chemistry, UK; 2000.P. 108-105.
13. Bahraei S. Study of durum wheat for flour quality characteristics and genetic homogeneity, using seed storage protein markers. Seed Plant 2000; 16: 192-209 [in Persian].
14. Li Y, Zhou R, Branlard G, Jia J. Development of introgression lines with 18 alleles of glutenin subunits and evaluation of the effects of various alleles on quality related traits in wheat (Triticum aestivum L.). J Cereal Sci 2010; 51: 133-127.
15. Rodrigues-Quijano M, Nieto-Taladriz MT, Gomez M, Carrillo JM. Quality influence of some HMW- glutenin subunits X and Y type coded by Glu-D1 locus. P.26. In Z. Bedo (ed.) Proceedings of the 6th International Wheat Conference, Abstract of oral and poster presentation, 5-9 june. 2001. Budapest, Hungary, Organized by Agricultural Research Institute of Hungarian Academy of Science, Martonvasar 2001.
16. Fullington JG, Cole EW, Kasarda D. Quantitative SDS-PAGE of total proteins from different wheat varieties: effect of protein contact. Cereal Chem 1983; 60: 70-65.
17. Payne PI, Nightinale MA, Krattiger AF, Holt LM. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. J Sci Food Agr 1987; 40: 51-46.
18. Payn PI, Lawrance GJ. 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 Res Commun 1983; 11: 35-29.
19. Manley DJ, editors. Technology of biscuits, crackers, and cookies. CRC Press 2000.
20. Igrejas G, Guedes-Pinto H, Carnide V, Celmen J, Branlard G. Genetical, Biochemical and Technological Parameters Associated with Biscuit Quality. II. Prediction Using Storage Proteins and Quality Characteristics in a Soft Wheat Population. J Cereal Sci 2002; 36(2): 197-187.
21. Gaines CS, Kassuba A, Finney PL, Donelson JR. Instrumental measurement of cookie hardness. II. Application to product quality variables. Cereal Chem 1992; 69(2): 125-120.
22. Dobraszczyk BJ, Morgenstern MP. Rheology and the breadmaking process. J Cereal Sci 2003; 38(3): 245-229.
23. Jin H, Zhang Y, Li G, Mu P, Fan Z, Xia X, et al. Effects of allelic variation of HMW-GS and LMW-GS on mixograph properties and Chinese noodle and steamed bread qualities

in a set of Aroona near-isogenic wheat lines. J Cereal Sci 2013; 57: 152-146.

24. Kaur A, Singh N, Ahlawat AK, Kaur S, Singh AM, Chauhan H, et al. Diversity in grain, flour, dough and gluten properties amongst Indian wheat cultivars varying in high molecular weight subunits (HMW-GS). Food Res Int 2013; 53(1): 72-63.
25. Turchetta T, Ciaffi M, Porceddu E, Lafiandra D. Relationship between electrophoretic pattern of storage proteins and gluten strength in durum wheat landraces from Turkey. Plant Breed 1995; 114: 412-406.
26. Autran JC, Abecassis J, Feillet PP. Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheats. Cereal chem 1986; 63: 394-390.
27. Nagamine T, Kai Y, Takayama T, Yanagisava T, Taya S. Allelic variation atthe Glu-1 and Glu-3 loci in southern Japanese wheats and its effects on gluten properties. J Cereal Sci 2000; 32: 135-129.
28. Zhang Y, Tang JW, Yan J, Zhang YL, Zhang Y, Xia XC, et al. The gluten protein and interactions between components determine mixograph properties in an F6 recombinant inbred line population in bread wheat. J Cereal Sci 2009; 50: 226-219.
29. Sadeghzadeh B, Ghannadha MR, Ahmadian Tehrani P, Abdmishani S, Seied Tabatabaei BE. Determination of relationship between HMW-GS and wheat baking quality through Electrophoresis. Iran J Agr Sci 2002; 33(3): 535-542 [in Persian].
30. Deng ZY, Tian JC, Sun GX. Influence of high molecular weight glutenin substitution on rheological behaviour and bread-baking quality of near-isogenic lines developed from Chinese wheats. Plant Breed 2005; 124: 431–428.
31. He ZH, Liu L, Xia XC, Liu JJ, Peña RJ. Composition of HMW and LMW glutenin subunits and their effects on dough properties, pan bread, and noodle quality of Chinese bread wheats. Cereal Chem 2005; 82: 350-345.
32. Liu L, He ZH, Yan J, Zhang Y, Xia XC, Peña RJ. Allelic variation at the Glu-1 and Glu-3 loci, presence of the 1B.1R translocation, and their effects on mixographic properties in Chinese bread wheats. Euphytica 2005; 142: 204-197.
33. Hea GY, Jonesb HD, Ovidioc RD, Mascic S, Chenab M, Westb J, et al. Expression of an extended HMW subunit in transgenic wheat and the effect on dough mixing properties. J Cereal Sci 2005; 42: 231-225.
34. 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. Eur J Agron 2003; 19(3): 382-373.
35. Barak S, Mudgil D, Khatkar BS. Relationship of gliadin and glutenin proteins with dough rheology, flour pasting and bread making performance of wheat varieties. LWT - Food Sci Technol 2013; 51(1): 217-211.
36. Rshmhkarim K, Saeedi A, Hamedi M, Irani P. Effect of Glutenin Subunits of some Commercial Bread Wheat Cultivars on the Quality of Lavash Bread. Iran Seed Plant Res 2001; 17(3): 262-274 [in Persian].
37. Souza E, Kruk M, Sunderman DW. Association of sugar snap cookie quality with high molecular weight glutenin alleles in soft white spring wheats. Cereal Chem 1994; 71: 605-601.
38. Morris F, Campbell K, King G. Kernel texture differences among US soft wheat cultivars. J Sci Food Agr 2005; 85: 65-59.
39. Yong-qiang LI, Ren-jun ZHU, Ji-chun T. Influence of Wheat Protein Contents and Fractions on Dough Rheological Properties as Determined by Using a Reconstitution Method. Agr Sci China 2008; 7(4): 404-395.
40. Wieser H. Chemistry of gluten proteins. Food Microbiol 2007; 24(2): 119-115.

Investigation the Effect of High Molecular Wheat Glutenin Subunits on some Qualitative Characteristics of Biscuit

Omidvar A[1], Abbasi H[2], Golabadi M[3]*

1- MSc in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

*2- *Corresponding author: Assistant Prof, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Email: h.abbasi@Khuisf.ac.ir*

3- Assistant Prof, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Received 29 Aug, 2016 **Accepted 2 Jan, 2017**

Background and Objectives: Biscuit is one of the most consumed confectionary products from cereal due to the long shelf life and special textural properties. Despite the extensive researches which demonstrate the role of high molecular weight glutenin subunits elements on the quality of flour, So far, there are no studies identifying the impact of this subunit on the qualitative attributes of confectionary products. In the present research, the effect of glutenin subunits with high molecular weight in 10 wheat cultivars on the quality characteristics of biscuit has been studied.

Materials & Methods: In present research, 10 genotypes of wheat were obtained from Agriculture Research Center and Natural Resources of Isfahan and high molecular weight glutenin subunits were separated and fractioned using SDS – PAGE. Profitable flour was prepared and used for biscuit production. Several qualitative parameters such as brittleness, dimensions and density of products were evaluated and their relations to high molecular weight glutenin were investigated.

Results: Glu-B1 has the highest effect on qualitative characteristics of biscuit in high molecular weight loci. The presence of 1, 5+10, 2+12 subunits have negative effect on surface biscuit area. In addition, the presence of 17+18 and 14+15 allele have significant positive and negative impacts on biscuit stiffness respectively. 18+17 allelic gene has an important effect on maximum resistance and 8+7 and 16+13 were also effective on thickness of product. In the Glu-A1, the influence of allele 1 on density and allele 2* on thickness and in the Glu-D1, the impact of 10 + 5 allele on density of product were important.

Conclusion: HMW-GS subunits affect the textural quality of biscuit. Therefore, studying these effects and also having the knowledge of profitable wheat varieties and molecular weight glutenin subunits of parents and selecting parents with desired subunits for wheat breading can be advantageous for improving and controlling the qualitative properties of products and help in producing products with desired qualities.

Keywords: Biscuit, Allele, Electrophoresis, Glutenin subunits with high molecular weight