

علمی پژوهشی

## تاثیر انبارمانی بر ثابت دی‌الکتریک دانه، خصوصیات کیفی آرد و رئولوژیکی خمیر دو رقم گندم (تجن و مرودشت)

حسین احمدی چناربن<sup>\*۱</sup>

۱- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۲۰)

### چکیده

استفاده از گندم تازه برداشت شده در برخی از فصول، یکی از مهم‌ترین عوامل بروز ضایعات در بخش تولید و مصرف نان است. اما به واسطه نگهداری مناسب، کیفیت گندم در اثر انجام اکسیداسیون طبیعی و تشکیل پیوندهای بین مولکولی در شبکه پروتئینی بهبود می‌یابد. در این راستا در پژوهش حاضر تاثیر زمان نگهداری در سه سطح (صفر، سی و شصت روز) بر مقدار ثابت دی‌الکتریک دانه‌های گندم، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آرد و خواص رئولوژیکی خمیر حاصل از دو رقم گندم، تجن و مرودشت بررسی گردید. طبق نتایج، با گذشت زمان، مقدار pH در هر دو رقم کاهش اما مقدار پروتئین، گلوتن مرطوب، رسوب زلنی، ثابت دی‌الکتریک و رطوبت افزایش یافت اما تغییر معنی‌داری در مقدار خاکستر دو رقم مشاهده نشد. در همین راستا کلیه صفات اندازه‌گیری شده غیر از pH و پروتئین در رقم تجن بیشتر و معنی‌دارتر از رقم مرودشت بود. همچنین با گذشت زمان، مقدار جذب آب، زمان گسترش خمیر و زمان پایداری خمیر در هر دو رقم افزایش یافت اما مقدار این شاخص‌ها و مقدار افزایش آن‌ها در رقم تجن بیشتر از مرودشت بود در حالی که درجه نرم شدن خمیر پس از ده و دوازده دقیقه در هر دو رقم با گذشت زمان کاهش یافت به گونه‌ای که مقدار این دو صفت در رقم تجن کمتر از مرودشت بود. در همین راستا، با گذشت زمان و در تمام زمان‌های تخمیر، مقدار انرژی لازم برای کشش، مقاومت به کشش، قابلیت کشش‌پذیری و عدد نسبت در هر دو رقم افزایش یافت. اما غیر از قابلیت کشش‌پذیری خمیر، مقدار بقیه صفات در رقم تجن بیشتر از رقم مرودشت اندازه‌گیری شد. طبق پژوهش انجام شده، تاثیر انبارمانی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آرد و رئولوژیکی خمیر حاصل از رقم تجن بیشتر و معنی‌دارتر از رقم مرودشت بود.

**کلید واژگان:** گندم، زمان نگهداری، گلوتن مرطوب، خواص رئولوژیکی، ثابت دی‌الکتریک.

\*مسئول مکاتبات: h.ahmadi@iauvaramin.ac.ir

## ۱- مقدمه

گندم نان (*Triticumaestivum* L.) گیاهی است که در محیط‌های مختلف در سراسر جهان کشت می‌شود و بیشترین سازگاری را با شرایط مختلف اقلیمی داراست و تقریباً ۲۰ درصد انرژی و ۲۵ درصد نیازهای پروتئینی جهان را تامین می‌نماید [۱]. در ایران به طور متوسط بیش از نیمی از انرژی و پروتئین دریافتی خانوارها از محل مصرف نان تامین می‌شود به طوری که هر فرد کم درآمد شهری، ۶۰ درصد انرژی و ۶۷ درصد پروتئین دریافتی خود و هر فرد کم درآمد روستایی ۶۶ درصد انرژی و ۷۲ درصد پروتئین دریافتی خود را از محل مصرف نانتامین می‌نماید [۲]. امروزه سیاست دولت تهیه نان ارزان و قابل دسترس از طریق تلاش در جهت افزایش تولید گندم و تخصیص مبلغ هنگفتی از بودجه کشور به عنوان یارانه در فرآیند تولید نان می‌باشد اما روند حال حاضر طبخ نان، براساس دیدگاه‌های بسیاری از کارشناسان، با شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور هماهنگی کافی را ندارد. به عبارت دیگر ضایع شدن بالغ بر ۳۰ درصد گندم از مرحله برداشت تا مصرف نان، منابع هنگفتی از بودجه و سرمایه‌های ملی را هدر می‌دهد [۳ و ۲]. اگرچه عمل آوری نامناسب خمیر، شرایط پخت، عدم استفاده از مواد بهبود دهنده و همچنین عدم اصلاح نحوه نگهداری نان توسط مصرف کننده بخش قابل توجهی از ضایعات را سبب می‌شوند، استفاده از گندم تازه برداشت شده با گلوتن سیال در فصول بحرانی یکی از مهم‌ترین عوامل بروز ضایعات در بخش تولید و مصرف نان است و راندمان کیفی آرد را پایین می‌آورد [۲]. پروتئین یکی از فاکتورهای کیفی آرد می‌باشد که بر کیفیت محصول نهایی تأثیرگذار است. مقدار پروتئین در غلات از نظر تغذیه‌ای و تکنولوژیکی حائز اهمیت است. به طوری که میزان مشخصی پروتئین برای هر فراورده تهیه شده از آرد گندم مورد نیاز است [۴ و ۵]. پروتئین گندم از چهار قسمت آلبومین، گلوبولین، گلپادین و گلوٹنین تشکیل شده است. آلبومین و گلوبولین ۲۰ درصد و ۸۰ درصد باقیمانده را گلپادین و گلوٹنین تشکیل می‌دهند. اگر خمیری را که از آب و آرد تشکیل شده است ورز دهیم، گلپادین و گلوٹنین به همراه آب و املاح ماده‌ای به نام گلوٹن به وجود می‌آورند. گلپادین دارای خاصیت چسبندگی است

اما الاستیسیته کمی دارد در حالیکه گلوٹنین باعث ایجاد خاصیت الاستیک در خمیر می‌شود. گلپادین از پروتئین‌هایی با وزن مولکولی پایین در حالیکه گلوٹنین از پروتئین‌هایی با وزن مولکولی بالا تشکیل شده است. نقش اصلی گلوٹنین ایجاد ویسکوالاستیک و حالت دادن به خمیر، در صورتی که نقش گلپادین جذب آب، تورم آرد و حلالیت مواد چسبنده می‌باشد. گندم تازه برداشت شده، مناسب تبدیل شدن به آرد نیست، شبکه گلوٹن هنگامی که آرد با آب مخلوط شده و تشکیل خمیر می‌دهد، حالت الاستیسیته به آن می‌بخشد و حال در صورتی که گندم بلافاصله بعد از برداشت تبدیل به آرد شود، به دلیل عدم انجام فعل و انفعالات مربوط به رسیدن گندم، مقدار مناسب گلوٹن در آن آرد وجود نخواهد داشت و نانی که از این خمیر تهیه می‌شود خاصیت الاستیسیته کمتری دارد و بی کیفیت است [۶ و ۷]. همچنین طی فرآیند آسیابانی و نگهداری آرد، اجزای تشکیل دهنده آرد به ویژه لیپیدها، پروتئینها (گلوٹن) و نشاسته تغییر می‌کند و در اثر فعالیت آنزیمها، کیفیت و قابلیت پخت آرد بهبود می‌یابد. مجموع این تغییرات موجب رسیدن و جا افتادن آرد می‌شود و در نتیجه عمل آوری خمیر حاصل از آن بهبود می‌یابد. به طوریکه مقدار گلوٹن در خمیر افزایش می‌یابد و کیفیت آن بهتر می‌شود [۷]. تحقیقات نشان داده است که کیفیت نانویی گندم تحت تأثیر کیفیت پروتئین و نسبت پیوندهای دی‌سولفید و سولفیدریل است [۸]. این در حالی است که شرایط نامطلوب نگهداری منجر به فعالیت آنزیم‌های لیپازی و همچنین تغییرات بیوشیمیایی و تجزیه چربی‌ها می‌گردد که به موجب آن با آزاد شدن اسیدهای چرب آزاد، میزان اسیدیته آرد افزایش یافته و فساد رخ می‌دهد [۷]. کیفیت گلوٹن بخش عمده‌ای از گندم‌های تولیدی و تحویلی به سیلوهای کشور، در گروه ضعیف و متوسط قرار دارد که نمی‌تواند جوابگوی تامین نان با کیفیت مطلوب باشد. اگرچه بخشی از گندم‌های تولیدی از نظر میزان پروتئین در حد قابل قبول و خوب می‌باشند اما با توجه به شرایط آب و هوایی، اقلیمی و سن‌زدگی، کیفیت گلوٹن آن‌ها در حد مناسب نبوده و ضعیف محسوب می‌شود که باعث کاهش کیفیت آردهای تولیدی و تنزل کیفیت نان به ویژه در فصول گرم سال می‌گردد لذا دوره نگهداری (اصطلاحاً زمان رسیدن گندم و آرد) یکی از مراحل است که کیفیت آرد گندم طی آن دستخوش تغییر و

انبارداری تغییر می‌کند و به همین دلیل می‌توان از خواص الکتریکی جهت تعیین محتوی رطوبتی مواد حاوی رطوبت و همچنین تغییر خواص آن‌ها طی دوره انبارداری استفاده کرد [۱۳]. بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده، میانگین عملکرد گندم در ایران نسبت به تولید جهانی پایین‌تر است. بنابراین در اجرای طرح محوری گندم، به افزایش عملکرد و تولید ارقام جدید گندم آبی و دیم توجه شده است و در همین راستا عوامل اصلی پایین بودن عملکرد دانه، پایین بودن کارایی نهاده‌ها، تهدید پایداری تولید، پایین بودن پتانسیل ژنتیکی ارقام، عدم دسترسی کشاورزان گندمکار به بذور اصلاح شده جدید، تنش‌ها و محدودیت‌های به‌زرایی عنوان شده‌است. معطوف شدن توجه محققان به افزایش عملکرد و تولید، موضوع بهبود کیفیت نانوائی گندم تولید شده را کم رنگ نموده است [۶]. لذا نیاز به تحقیق درباره وضعیت کیفی و خصوصیات نانوائی ارقام گندم تولیدی در کشور احساس می‌شود. در این راستا در پژوهش حاضر تاثیر زمان ماندگاری بر ثابت دی‌الکتریک دانه، خصوصیات فیزیکی شیمیایی آرد و ویژگی‌های رئولوژیکی دو رقم گندم تجن و مرودشت مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

برای انجام این پژوهش از هریک از ارقام مورد نظر (تجن و مرودشت) که تازه برداشت شده بودند، به میزان ۲۰ کیلوگرم از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردید. سپس نمونه‌های مورد نظر در محیطی با دمای  $27 \pm 3^\circ\text{C}$  و رطوبت نسبی ۶۸-۷۲٪ نگهداری شدند. در ادامه جهت بررسی تاثیر زمان نگهداری بر ثابت دی‌الکتریک دانه‌ها و خصوصیات کیفی و نانوائی آرد حاصل از دو رقم گندم، در روزهای صفرم، سی‌ام و شصتم تحت آزمون‌های مختلف قرار گرفتند. قابل توجه این‌که به منظور تصادفی کردن، کلیه نمونه‌برداری‌ها توسط Sample divider انجام شد.

### ۲-۲- روش‌ها

#### ۲-۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌های آرد گندم

بهبود می‌گردد [۹]. کیبار (۲۰۱۶) تاثیر شرایط ذخیره سازی آردگندم را بر روی عوامل مؤثر بر کیفیت آرد، نظیر رطوبت و میزان پروتئین مورد بررسی قرار داد. طبق نتایج، با افزایش دوره انبارمندی، مقدار پروتئین خام کاهش یافت. همچنین مقدار گلوتن مرطوب و گلوتن خشک پس از دو ماه ذخیره‌سازی افزایش و سپس کاهش یافتند. در همین راستا مقدار رطوبت نیز پس از گذشت سه ماه افزایش و سپس کاهش یافت [۱۰]. بنی اسد و همکاران (۱۳۸۴)، در پژوهشی تاثیر زمان مناسب انبارمندی را بر افزایش کیفیت نانوائی پنج رقم گندم شامل ارقام سرداری و آذر ۲ که به‌صورت دیم و ارقام دز، شوا و استار که در نواحی گرمسیر کشت می‌شوند، مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج، نگهداری این ارقام به مدت ۵۰ الی ۶۵ روز پس از برداشت باعث بهبود معنی‌دار شاخص‌های کیفی آرد حاصل از هریک از ارقام از جمله عدد زلنی، اندیس گلوتن، استقامت خمیر، ارزش والریمتری، میزان جذب آب و همچنین حجم نان حاصل از آن‌ها گردید [۲]. رجب زاده (۱۳۸۶) بیان داشت که طی مدت نگهداری، در اثر فعالیت آنزیم‌ها، اجزای تشکیل دهنده آرد از جمله لیپیدها و پروتئین‌ها به ویژه گلوتن تغییر می‌کنند و مجموع این تغییرات باعث رسیدن آرد می‌شود لذا کیفیت عمل آوری خمیر حاصل از آن بهبود می‌یابد. در تابستان و شرایط مناسب، گلوتن آرد می‌تواند در مدت ۳-۵ روز تغییر کرده و سفت شود که در این حالت آرد رسیده و آماده پخت می‌گردد و این تغییرات در زمستان، حداقل بعد از ۱۰ روز حاصل می‌گردد. به‌طور کلی دمای بالا در سیلوها موجب تسریع رسیدن آرد می‌شود. همچنین در محیط‌هایی که در آن‌ها تهویه به خوبی انجام می‌گردد، آرد زودتر می‌رسد و چنانچه ۲-۳ متر مکعب هوا، با دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۶ ساعت به هر تن آرد وارد شود، آرد سریعتر می‌رسد [۱۱]. نی‌شیو و همکاران (۲۰۰۴) خواص فیزیکی خمیر و کیفیت نان‌های تهیه شده را طی دوره رسیدن آرد حاصل از دو نوع گندم بهاره و زمستانه مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج، با گذشت ۴ هفته از زمان آسیاب کردن گندم‌ها، حجم مخصوص در نان‌های حاصل از هر دو نوع گندم افزایش یافت. ضمن آن که میزان پایداری خمیرها نیز پس از دو هفته از زمان آسیاب کردن گندم‌ها با افزایش رو به رو شد [۱۲]. کرازوسکی و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که خواص الکتریکی دانه‌ها و بذور طی دوره

شماره ۱۶-۴۴)، خاکستر مطابق (استاندارد بین‌المللی AACC به شماره ۰۱-۰۸)، پروتئین مطابق (استاندارد بین‌المللی AACC به شماره ۱۲-۴۶)، گلوتن مرطوب مطابق (استاندارد بین‌المللی AACC به شماره ۱۱-۳۸)، حجم رسوب زلنی مطابق (استاندارد بین‌المللی AACC به شماره ۱۱-۵۴) و pH مطابق (استاندارد بین‌المللی AACC به شماره ۵۲-۰۲) انجام شدند [۱۵].

#### ۲-۲-۴-آزمونهای رئولوژیکی خمیر

آزمایش‌های فارینوگراف و اکستنسوگراف نمونه‌های خمیر به ترتیب مطابق استانداردهای AACC به شماره ۲۱-۵۴ و ICC به شماره ۱۱۴ انجام شدند [۱۶].

#### ۲-۲-۵- روش تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و در سه تکرار استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و در سطح احتمال  $\alpha=5\%$  انجام پذیرفت.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد

##### گندم طی دوره انبارمانی

نتایج ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم دو رقم تجن و مرودشت در بازه زمانی مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است.

ابتدا با استفاده دستگاه بوجاری آزمایشگاهی (a/s Rational Kornservice, Denmark) نمونه‌های مختلف ارقام گندم بوجاری شدند. طی این مرحله گرد و خاک، کاه و کلش، سنگ، بذر سایر گیاهان علفی و دانه‌های گندم شکسته جدا شدند. در ادامه، نمونه‌های گندم به منظور ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و رئولوژیکی، با استفاده از آسیاب چکشی (Laboratory Mill 3100, Germany) به آرد کامل تبدیل و همچنین بخشی دیگر از نمونه‌های گندم به کمک آسیاب سایشی (Cyclone Sample Mill, USA) جهت انجام آزمون زلنی آسیاب شدند.

#### ۲-۲-۲- اندازه‌گیری ثابت دی‌الکتریک دانه‌های گندم

برای اندازه‌گیری این ویژگی الکترونیکی از دستگاه LCR ساخت شرکت (Good will LCR- 819) استفاده شد. با توجه به این‌که در هنگام اندازه‌گیری خازنی، ترکیبی از هوا و دانه در محفظه حسگر قرار می‌گیرد، محاسبات مربوط به هر فرکانس طبق رابطه ۱ تصحیح شد [۱۴].

$$e^{a\epsilon_{eff}} = D_1 e^{a\epsilon_1} + (1 - D_1) e^{a\epsilon_2} \quad (1)$$

که در آن:  $\epsilon_1$ : ثابت دی‌الکتریک مربوط به دانه،  $\epsilon_2$ : ضریب مربوط به هوا،  $\epsilon_{eff}$ : اثر اختلاطی هوا و دانه،  $\alpha$ : ضریب ثابت و  $D_1$ : بسامد (Hz) می‌باشند.

#### ۲-۲-۳- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آرد گندم

در این پژوهش آزمون‌های فیزیکوشیمیایی بر روی نمونه‌های آرد گندم شامل رطوبت مطابق (استاندارد بین‌المللی AACC به

**Table 1** Effect of storage time on some of physicochemical properties of two cultivars (Tajan and Marvdasht)

Cultivar	Storage time (day)	pH	Protein (%)	Wet gluten (%)	Zeleny (ml)	Ash (%)	Moisture (%)
Tajan	0	6.40±0.02 <sup>b</sup>	11.47±0.01 <sup>b</sup>	28.00±0.12 <sup>b</sup>	23.18±0.10 <sup>c</sup>	0.51±0.01 <sup>a</sup>	8.50±0.02 <sup>d</sup>
	30	6.35±0.01 <sup>c</sup>	11.49±0.01 <sup>b</sup>	30.12±0.15 <sup>a</sup>	24.87±0.14 <sup>b</sup>	0.52±0.01 <sup>a</sup>	8.83±0.02 <sup>b</sup>
	60	6.30±0.02 <sup>d</sup>	11.48±0.01 <sup>b</sup>	30.35±0.15 <sup>a</sup>	25.24±0.10 <sup>a</sup>	0.51±0.01 <sup>a</sup>	8.95±0.01 <sup>a</sup>
Marvdasht	0	6.50±0.01 <sup>a</sup>	12.50±0.02 <sup>a</sup>	22.07±0.10 <sup>c</sup>	19.55±0.13 <sup>f</sup>	0.48±0.01 <sup>b</sup>	8.45±0.03 <sup>d</sup>
	30	6.43±0.01 <sup>b</sup>	12.52±0.02 <sup>a</sup>	24.59±0.14 <sup>d</sup>	20.58±0.11 <sup>e</sup>	0.47±0.01 <sup>b</sup>	8.60±0.01 <sup>c</sup>
	60	6.35±0.01 <sup>c</sup>	12.51±0.02 <sup>a</sup>	26.30±0.11 <sup>c</sup>	22.47±0.10 <sup>d</sup>	0.48±0.01 <sup>b</sup>	8.81±0.02 <sup>b</sup>

In each column, mean that at least one letter in common, not significant difference at 5%

## ۳-۱-۱- pH

با توجه به جدول ۱، با گذشت زمان میزان pH نمونه‌ها در هر دو رقم کاهش یافت به گونه‌ای که بیشترین مقدار آن در رقم مرودشت و در روز صفرم (۶/۵۰) اما کمترین مقدار آن در رقم تجن و در روز شصتم (۶/۳۰) اندازه‌گیری شد ( $P \leq 0/05$ ). اما با وجود کاهش میزان pH در نمونه‌ها، مقدار آن در محدوده استاندارد ملی ایران (۶/۵ - ۵/۶) بود [۸]. علت نتیجه حاصل را می‌توان به فعالیت آنزیم لیپاز موجود در دانه‌های گندم نسبت داد که طی فرآیند آسیابانی آزاد و بر تری‌گلیسیریدها اثر نمودند لذا با آزاد کردن اسیدهای چرب از ساختمان تری‌گلیسیریدها سبب کاهش pH شدند [۸ و ۷]. فاتح نیکو و همکاران (۱۳۹۷)، تاثیر مدت زمان نگهداری آرد گندم حاصل از دو رقم آبی چمران و دیم سرداری، طی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز و در دمای ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سلسیوس را بر خصوصیات کیفی و نانویی آردها، مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج، با افزایش دما و مدت زمان نگهداری، میزان pH و اسیدیته نمونه‌ها به ترتیب کاهش و افزایش یافت [۷].

## ۳-۱-۲- پروتئین

مطابق جدول ۱، رقم مرودشت از میزان پروتئین بیشتری نسبت به رقم تجن برخوردار بود. اما گذشت زمان تاثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین هر یک از ارقام نداشت ( $P > 0/05$ ). به طور کلی مقدار پروتئین شاخص خوبی برای تفکیک گندم بر اساس قوت یا ضعف آن‌ها نمی‌باشد. ارقامی هستند که با وجود داشتن مقدار پروتئین کم، کیفیت خوب و برعکس ارقامی با داشتن مقدار پروتئین بالا جزو گروه‌های ضعیف دسته بندی می‌شوند. به عبارت دیگر نمی‌توان از روی مقدار پروتئین گندم کیفیت نانویی آنرا مورد ارزیابی قرارداد در این پژوهش تغییرات مقدار پروتئین در واریته‌های مورد آزمون از روند خاصی برخوردار نبود. اما دلیل افزایش اندک مقدار پروتئین با گذشت زمان آن است که زیر واحدهای گلوته‌ای با ایجاد پیوندهای دی‌سولفیدی شبکه‌ی گسترده‌ای را تشکیل داده و در نتیجه گلوته‌ای با وزن مولکولی بالا تشکیل شده باشد [۱۷]. فاتح نیکو و همکاران (۱۳۹۷) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافته بودند [۷].

## ۳-۱-۳- گلوته‌ای مرطوب

گلوته‌ای مرطوب مجموعه پروتئین‌های غیر محلول در آب و قابل استخراج از گندم است که خود از دو قسمت گلوته‌ای و گلیادین تشکیل شده است. زیر واحد گلوته‌ای دارای وزن مولکولی بالاتر بوده و خاصیت کشش‌پذیری پایین و الاستیسیته بالایی دارد در مقابل گلیادین وزن مولکولی پایین‌تر داشته و کشش‌پذیرتر بوده و الاستیسیته پایین‌تری نیز دارد. نقش اصلی گلوته‌ای ایجاد ویسکوالاستیک و حالت دادن به خمیر است در صورتی‌که گلیادین در جذب آب، تورم آرد و حلالیت مواد چسبنده نقش اساسی دارد [۸]. طبق جدول ۱، رقم تجن از مقدار گلوته‌ای مرطوب بالاتری نسبت به رقم مرودشت برخوردار است. از سوی دیگر گذشت زمان تاثیر معنی‌داری بر مقدار گلوته‌ای مرطوب داشت ( $P \leq 0/05$ ). به گونه‌ای که با گذشت زمان مقدار آن در هر دو رقم افزایش یافت. بیشترین مقدار این شاخص در روز شصتم و در واریته تجن (۳۰/۳۵٪) اما کمترین مقدار آن در رقم مرودشت و در روز صفرم (۲۲/۰۷٪) اندازه‌گیری شد. افزایش گلوته‌ای مرطوب با گذشت زمان را می‌توان به گسترده شدن شبکه گلوته‌ای به علت ایجاد پیوندهای دی‌سولفیدی بین واحدهای گلوته‌ای و گلیادین نسبت داد [۱۷]. نکته قابل توجه این‌که نسبت افزایش گلوته‌ای مرطوب از روز سی‌ام تا شصتم در واریته مرودشت بیشتر از رقم تجن بود که این امر نشان‌دهنده آن است که ارقام ضعیف‌تر گندم به زمان طولانی‌تری برای رسیدن نیاز دارند. هرسکو و ماچوا (۲۰۰۲) نیز در پژوهش خود بیان داشتند که زمان مورد نیاز برای رسیدن مطلوب آرد، به خصوصیات آرد و به شرایط نگهداری آن بستگی دارد و آردهای ضعیف‌تر به زمان طولانی‌تری برای رسیدن نیازمند هستند [۱۸]. همچنین تحقیقات نشان داده‌است که کیفیت نانویی گندم تحت تاثیر کیفیت پروتئین و نسبت پیوندهای دی‌سولفیدی و سولفیدریل (SS/SH) می‌باشد [۱۷]. در همین راستا نتایج تحقیقات فاتح نیکو و همکاران (۱۳۹۷) نیز در راستای نتایج تحقیقات حاضر بود [۷].

## ۳-۱-۴- حجم رسوب زنی

طبق نتایج مربوط به حجم رسوب زنی در جدول ۱، رقم تجن از مقدار عددی بالاتری نسبت به رقم مرودشت برخوردار بود. از سوی دیگر گذشت زمان نیز تاثیر معنی‌داری بر مقدار حجم

خاکستر هریک از ارقام نداشت ( $P > 0.05$ ) [۷].

### ۳-۱-۶- رطوبت

مطابق جدول ۱، در روز صفرم، رقم تجن از مقدار رطوبت بالاتری (۸/۵۰٪) نسبت به رقم مرودشت (۸/۴۵٪) برخوردار بود. از سوی دیگر با گذشت زمان مقدار رطوبت نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P \leq 0.05$ ). اما مقدار آن در تمام نمونه‌ها کمتر از ۱۴ درصد یعنی در محدوده استاندارد بود [۸]. طبق نتایج بیشترین مقدار رطوبت در رقم تجن و در روز شصتم (۸/۹۵٪) اندازه‌گیری شد. همان‌گونه که پیش‌تر بیان شد، گندم‌ها در محیط آزمایشگاه و در رطوبت نسبی ۷۲-۶۸٪ و در دمای  $27 \pm 3^\circ C$  نگهداری شدند. لذا علت افزایش این صفت را می‌توان به جذب رطوبت از اتمسفر توسط دانه‌ها نسبت داد. همچنین جذب بیشتر رطوبت در وارپته تجن به ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آن وابسته است [۱۸].

### ۳-۲- اندازه‌گیری ثابت دی الکتریک دانه‌ها طی

#### دوره انبارمانی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ثابت دی الکتریک دانه‌ها طی دوره انبارمانی در جدول ۲ نشان داده شده‌است. طبق جدول ۲، تاثیر نوع وارپته و مدت زمان نگهداری آن‌ها بر ثابت دی الکتریک دانه‌ها معنی‌دار بود ( $P \leq 0.05$ ). همچنین با گذشت زمان، ثابت دی الکتریک در تمام ارقام افزایش یافت. به گونه‌ای که بیشترین مقدار آن پس از شصت روز در وارپته تجن (۵/۱۰) اما کمترین مقدار آن در وارپته مرودشت (۴/۸۳) اندازه‌گیری گردید.

**Table 2** Mean comparison of interaction between (variety  $\times$  times) on dielectric constant of Marvdasht and Tajan varieties

Tajan	Marvdasht	Time (day)	Properties
4.84 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	4.83 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	0	Dielectric constant
5.01 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	4.93 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	30	
5.10 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	5.06 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	60	

Mean that at least one letter in common, not significant difference at 5%

ظرفیت خازن با خصوصیات دی الکتریک موادی که بین صفحات آن قرار داده می‌شود، متناسب است. اندازه‌گیری رطوبت به‌وسیله‌ی روش خازنی در واقع بررسی ارتباط بین ثابت دی الکتریک مخلوطی از سه ماده‌ی آب، ماده خشک و هوا با ظرفیت

رسوب زلنی داشت ( $P \leq 0.05$ ). به گونه‌ای که با گذشت زمان مقدار آن در هر دو رقم افزایش یافت. بیشترین مقدار این شاخص در روز شصتم و در وارپته تجن (۲۵/۲۴ml) اما کمترین مقدار آن در رقم مرودشت و در روز صفرم (۱۹/۵۵ml) اندازه‌گیری شد. دلیل نتیجه حاصل را می‌توان اکسیداسیون طبیعی زیر واحدهای گلوتن و ایجاد پیوندهای دی سولفیدی در بین زیر واحدهای گلوتنین در گندم عنوان نمود [۲]. کیبار (۲۰۱۵) طی پژوهشی تاثیر شرایط نگهداری را بر کیفیت ارقام مختلف گندم مورد بررسی قرار داد و عنوان نمود که با گذشت زمان حجم رسوب زلنی افزایش می‌یابد که دلیل آن را واکنش‌های زیر واحدهای گلوتنین و گلیادین و در نتیجه بهبود کیفیت گلوتن عنوان نمود [۱۰]. شهمیری و همکاران (۱۳۹۵)، با بررسی شرایط نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و فارینوگرافی آرد گندم، بیان داشتند که شاخص‌های کیفی آرد از جمله عدد زلنی در طی دوره نگهداری آرد بهبود می‌یابد [۱۹]. گرین و همکاران (۱۹۸۸)، پین و همکاران (۱۹۸۸) و فاتح نیکو و همکاران (۱۳۹۷) طی پژوهشی بیان داشتند که گذشت زمان سبب افزایش عدد زلنی نمونه‌های گندم انبار شده می‌گردد و دلیل آن را اکسیداسیون طبیعی زیر واحدهای گلوتن و ایجاد پیوندهای دی سولفیدی در بین زیر واحدهای گلوتنین در گندم عنوان نمودند [۷، ۲۰، ۲۱]. بنی اسد و همکاران (۱۳۸۴)، در پژوهشی بیان داشتند که عدد زلنی به احتمال ۹۵ درصد در افزایش حجم نانو بهبود کیفیت نانوائی آرد موثر است. افزایش این پارامترها کیفیت نانوائی بهبود می‌یابد [۲]. شاهدی و همکاران (۱۳۸۴)، در پژوهشی معیار کیفی آرد و خواص رئولوژیکی خمیر را برای تولید نان تافتون از گندم‌های ایرانی مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج، عدد زلنی قوی‌ترین همبستگی را با کیفیت نان نشان داد و ۷۸/۸ درصد از تغییرات کیفیت نان را توجیه می‌نمود [۲۲].

### ۳-۱-۵- خاکستر

با توجه به داده‌های جدول ۱، اختلاف معنی‌داری بین مقدار خاکستر آرد دو رقم تجن و مرودشت مشاهده شد ( $P \leq 0.05$ ). به گونه‌ای که رقم تجن نسبت به رقم مرودشت از میزان خاکستر بیشتری برخوردار بود که این اختلاف به تفاوت وارپته‌های گندم از لحاظ ژنتیکی و شرایط محیطی رشد و نمو و مدیریت زراعی مربوط می‌شود. اما گذشت زمان تاثیر معنی‌داری بر مقدار

با گذشت زمان بیشتر از واریته مرودشت بود لذا ثابت دی‌الکتریک در این نمونه‌ها افزایش نشان داد. بسیاری از محققین دیگر نیز در پژوهش‌های خود در مواد مختلف به نتایج مشابهی دست یافته بودند [۱۴، ۱۳، ۲۳-۲۵].

### ۳-۳- ارزیابی خصوصیات رئولوژیکی نمونه‌های

#### خمیر طی دوره انبارمانی

#### ۳-۳-۱- نتایج آزمون فارینوگراف

نتایج حاصل از آزمون فارینوگراف شامل درصد جذب آب، زمان گسترش خمیر، زمان پایداری خمیر و درجه سست شدن خمیر پس از ۱۰ و ۱۲ دقیقه در جدول ۳ نشان داده شده است.

خازن است. ثابت دی‌الکتریک آب ۸۰ و هوا تقریباً ۱ اما برای پروتئین و نشاسته موجود در اغلب مواد کشاورزی در حدود ۴ است. بنابراین ثابت دی‌الکتریک این مخلوط به‌طور قابل توجهی با مقدار آب متناسب خواهد بود. همچنین وابستگی ثابت دی‌الکتریک به میزان و از سوی دیگر آزاد یا پیوندی بودن رطوبت در مواد بیولوژیکی دارد. آب آزاد دارای ثابت دی‌الکتریک نزدیک به ۸۰ می‌باشد اما آب پیوندی دارای ثابت دی‌الکتریک خیلی نزدیک به ثابت دی‌الکتریک مولکول‌های پروتئین و نشاسته‌ای است که با آن پیوند یافته‌اند [۱۳ و ۱۴]. بنابراین روش خازنی، برای اندازه‌گیری رطوبت، تا حد زیادی به اندازه‌گیری آب آزاد محدود می‌شود [۲۳]. از آنجا که مقدار رطوبت موجود در واریته تجن

**Table 3** Mean comparison of interaction between (variety × times) on Farinograph applications of Marvdasht and Tajan varieties

Properties	Time (day)	Marvdasht	Tajan
Water absorption (%)*	0	64.13±0.07 <sup>c</sup>	65.13±0.07 <sup>d</sup>
	30	64.20±0.05 <sup>c</sup>	67.21±0.05 <sup>c</sup>
	60	70.36±0.06 <sup>b</sup>	72.56±0.08 <sup>a</sup>
Dough development time (min)*	0	2.49±0.03 <sup>f</sup>	3.50±0.04 <sup>e</sup>
	30	2.84±0.04 <sup>e</sup>	3.65±0.05 <sup>b</sup>
	60	3.12±0.02 <sup>d</sup>	3.88±0.08 <sup>a</sup>
Dough stability time (min)*	0	3.77±0.03 <sup>d</sup>	4.70±0.05 <sup>c</sup>
	30	4.63±0.04 <sup>c</sup>	5.23±0.03 <sup>b</sup>
	60	5.25±0.03 <sup>b</sup>	6.10±0.04 <sup>a</sup>
Dough softening after 10 min (BU)*	0	90.30±0.13 <sup>a</sup>	68.35±0.15 <sup>c</sup>
	30	90.22±0.11 <sup>a</sup>	68.14±0.10 <sup>c</sup>
	60	88.45±0.13 <sup>b</sup>	58.20±0.05 <sup>d</sup>
Dough softening after 10 min (BU)*	0	97.77±0.10 <sup>a</sup>	74.51±0.03 <sup>d</sup>
	30	95.77±0.11 <sup>b</sup>	72.38±0.03 <sup>e</sup>
	60	88.07±0.09 <sup>c</sup>	65.67±0.08 <sup>f</sup>

\*Mean that at least one letter in common, not significant difference at 5%

(۷۲/۵۶٪) و کمترین مقدار این شاخص در واریته مرودشت (۶۴/۱۳٪) اندازه‌گیری شد. علت نتیجه حاصل را می‌توان به بالاتر بودن درصد گلوتن آرد حاصل از گندم واریته تجن نسبت به مرودشت نسبت داد. موحد و همکاران (۱۳۹۳) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافته بودند [۲۶]. از سوی دیگر زمان گسترش خمیر مدت زمان ورز دادن خمیر تا تشکیل خمیر را نشان می‌دهد. این زمان تابع کمیت و کیفیت گلوتن و همچنین درصد پروتئین آرد می‌باشد. به‌طور کلی با افزایش میزان گلوتن زمان گسترش خمیر طولانی‌تر می‌شود. بدین معنی که آرد از قدرت بالاتری برخوردار است و برعکس هرچه میزان گلوتن خمیر و قدرت پف کردن آن کمتر باشد به همان اندازه زمان تکامل یا بسط خمیر کوتاهتر است [۲۹]. مطابق جدول ۳،

درصد جذب آب یکی از عوامل مهم در کیفیت آرد محسوب می‌شود. بدون در دست داشتن ارقام مناسب برای این شاخص نمی‌توان خمیر مناسبی تولید نمود زیرا خمیر حاصل شل‌تر یا سفت‌تر از حد متعارف خواهد شد. افزایش جذب آب سبب می‌شود تا شبکه گلوتنی هرچه منظم‌تر تشکیل شود و ساختار مناسبی برای تولید نان پیدا کند که این خود باعث افزایش زمان ماندگاری محصول، ازدیاد وزن نان، بهبود جزئی طعم نان و بهبود قابلیت پهن‌کردن خمیر می‌گردد [۲۷، ۲۸ و ۲۹]. طبق جدول ۲، اختلاف معنی‌داری ( $P \leq 0.05$ ) بین واریته‌ها و مدت زمان نگهداری آن‌ها از نظر میزان جذب آب مشاهده گردید. به‌گونه‌ای که با گذشت زمان میزان جذب آب افزایش یافت. در همین راستا بیشترین میزان جذب آب در پایان روز شصتم و در واریته تجن

گواردا و همکاران (۲۰۰۴) مشابهت نشان داد [۳۱]. مطابق جدول ۳، اختلاف معنی داری ( $P \leq 0/05$ ) بین واریته‌ها و مدت زمان نگهداری آن‌ها از نظر میزان درجه سست شدن خمیر پس از ۱۰ و ۱۲ دقیقه مشاهده گردید. به گونه‌ای که پس از ۱۰ دقیقه، بیشترین درجه سست شدن خمیر در آرد حاصل از واریته مرودشت ( $90/30 \text{ min}$ ) و کمترین مقدار آن در آرد حاصل از واریته تجن و پس از شصت روز نگهداری ( $58/20 \text{ min}$ ) و در همین راستا پس از ۱۲ دقیقه نیز بیشترین درجه سست شدن خمیر در آرد حاصل از واریته مرودشت ( $97/77 \text{ min}$ ) و کمترین مقدار آن در آرد حاصل از واریته تجن و پس از شصت نگهداری ( $65/77 \text{ min}$ ) مشاهده گردید. بطور کلی درجه سست شدن خمیر آردهای ضعیف و نسبتاً قوی، کمتر از ۱۰۰ و برای آردهای قوی کمتر از ۸۰ می‌باشد. با کاهش درجه سست شدن خمیر، میزان تحمل مکانیکی خمیر بیشتر خواهد شد. علت نتیجه حاصل شده را نیز می‌توان به بالاتر بودن درصد گلوتن و پروتئین آرد حاصل از گندم واریته تجن نسبت به واریته مرودشت نسبت داد. قابل توجه این که نتایج تحقیق حاضر در راستای نتایج تحقیقات گواردا و همکاران (۲۰۰۴) بود [۳۱]. در ضمن برخی محققین گزارش کرده‌اند که با افزایش غلظت پلی ساکاریدها در غلات، از جمله گندم و چاودار، به دلیل جایگزینی مقادیر زیاد آرابینوز با زایلوز، درجه نرم شدن خمیر کاهش می‌یابد [۳۲].

### ۳-۳-۲- نتایج آزمون اکستنسوگراف

نتایج حاصل از آزمون اکستنسوگراف شامل سه ویژگی خمیر یعنی انرژی لازم برای کشش، مقاومت به کشش، قابلیت کشش پذیری خمیر و عدد نسبت پس از ۹۰، ۴۵ و ۱۳۵ دقیقه تخمیر، به ترتیب در جدول‌های ۴ تا ۷ نشان داده شده است.

اختلاف بین تیمارها و مدت زمان نگهداری آن‌ها از نظر تأثیر بر زمان گسترش خمیر معنی دار بود ( $P \leq 0/05$ ). طبق نتایج، با گذشت زمان این شاخص در هر دو واریته افزایش نشان داد. به گونه‌ای که بیشترین مقدار آن در روز شصتم و در واریته تجن ( $3/88 \text{ min}$ ) اما کمترین مقدار آن در واریته مرودشت ( $2/49 \text{ min}$ ) مشاهده گردید. علت نتیجه حاصل را می‌توان به بالاتر بودن قوت آرد تجنکه از کمیت و کیفیت مطلوب‌تر گلوتن نسبت به آرد مرودشت برخوردار است، نسبت داد. برخی دیگر از محققین نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافته بودند [۲ و ۳۰]. در ارتباط با ویژگی زمان پایداری خمیر، اختلاف معنی داری بین نوع واریته و مدت زمان نگهداری مشاهده شد ( $P \leq 0/05$ ) به گونه‌ای که بیشترین مقدار آن در واریته تجن و پس از شصت روز نگهداری ( $6/10 \text{ min}$ ) اما کمترین مقدار آن در واریته مرودشت ( $3/77 \text{ min}$ ) اندازه‌گیری گردید. زمان پایداری خمیر، قدرت مقاومت خمیر را در مقابل هم‌زدن نشان می‌دهد. آرد با گلوتن ضعیف دارای مقاومت کم و آرد با گلوتن قوی از مقاومت بیشتری برخوردار است. به طور کلی زمان پایداری بین ۲-۴ دقیقه کیفیت خیلی ضعیف، ۴-۷ دقیقه ضعیف، ۷-۱۰ دقیقه متوسط تا قوی، ۱۰-۱۵ دقیقه قوی و ۱۵-۳۰ دقیقه قوی را نشان می‌دهد [۳۰]. هر اندازه مقاومت خمیر بیشتر باشد، به همان اندازه مقاومت تخمیر بیشتر خواهد بود. طبق بررسی‌های به عمل آمده درصد پروتئین دانه‌های گندم از تأثیر مثبت و معنی داری بر میزان پایداری خمیر برخوردار است [۲۶]. حال از آنجا که درصد پروتئین واریته تجن بیشتر از واریته مرودشت بود لذا خمیر آن از زمان پایداری بیشتری برخوردار بود. نتایج حاصل از تحقیق با نتایج تحقیقات

**Table 4** Mean comparison of interaction between (variety  $\times$  times) on energy of Marvdasht and Tajan varieties (Extensograph application) ( $\text{cm}^2$ )

Fermentation time (min)	Time (day)	Marvdasht	Tajan
45	0	25.55 $\pm$ 0.06 <sup>f</sup>	28.63 $\pm$ 0.07 <sup>d</sup>
	30	27.12 $\pm$ 0.02 <sup>e</sup>	37.27 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
	60	31.02 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>	42.87 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>
90	0	29.23 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	35.17 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>
	30	33.47 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	37.93 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
	60	35.08 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	38.05 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>
135	0	31.77 $\pm$ 0.03 <sup>f</sup>	41.69 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup>
	30	35.77 $\pm$ 0.08 <sup>e</sup>	45.77 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
	60	40.02 $\pm$ 0.09 <sup>d</sup>	47.00 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>

In each fermentation time, mean that at least one letter in common, not significant difference at 5%



انرژی بیشتر باشد، خمیر به دست آمده سفت تر و قوی تر خواهد بود. مطابق نتایج، با گذشت زمان مقدار این شاخص افزایش یافت به عبارت دیگر دوره انبارمانی سبب بهبود کیفیت و قوی تر شدن خمیر شد. از سوی دیگر بالاتر بودن مقدار انرژی محاسبه شده برای واریته تجن نسبت به مرودشت را می توان به بالاتر بودن درصد پروتئین و گلوتن واریته تجن نسبت داد. پایان (۱۳۸۵)، نیز عنوان نمود که مقدار انرژی لازم برای کشش خمیر حاصل از آرد گندم های قوی بیشتر از گندم های ضعیف است [۳۳].

مطابق جدول ۴، تاثیر متقابل نوع واریته و زمان نگهداری بر مقدار انرژی لازم برای کشش نمونه های خمیر در تمام زمان های تخمیر معنی دار بود ( $P \leq 0.05$ ). ضمن آن که پس از ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه تخمیر، بیشترین مقدار انرژی در روز شصتم و برای واریته تجن و به ترتیب معادل ( $42/87 \text{ cm}^2$ )، ( $38/05 \text{ cm}^2$ ) و ( $47 \text{ cm}^2$ ) اما کمترین مقدار آن برای واریته مرودشت و به ترتیب معادل ( $25/55 \text{ cm}^2$ )، ( $29/23 \text{ cm}^2$ ) و ( $31/77 \text{ cm}^2$ ) مورد اندازه گیری قرار گرفتند. شاخص انرژی یا همان سطح زیر منحنی، نشان دهنده کل انرژی مصرف شده جهت کشیدن خمیر است. هرچه مقدار

**Table 5** Mean comparison of interaction between (variety  $\times$  times) on resistance to extension of Marvdasht and Tajan varieties (Extensograph application) (BU)

Fermentation time (min)	Time (day)	Marvdasht	Tajan
45	0	140.30 $\pm$ 0.05 <sup>e</sup>	148.12 $\pm$ 0.07 <sup>c</sup>
	30	147.36 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	152.85 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
	60	150.23 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	160.13 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
90	0	180.52 $\pm$ 0.01 <sup>f</sup>	190.68 $\pm$ 0.05 <sup>e</sup>
	30	193.45 $\pm$ 0.09 <sup>d</sup>	250.14 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>
	60	210.23 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	295.14 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
135	0	248.69 $\pm$ 0.04 <sup>e</sup>	310.64 $\pm$ 0.07 <sup>d</sup>
	30	310.52 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup>	363.41 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>
	60	362.12 $\pm$ 0.09 <sup>c</sup>	405.30 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>

In each fermentation time, mean that at least one letter in common, not significant difference at 5%

اندازه گیری قرار گرفتند. منظور از مقاومت به کشش خمیر، ارتفاع منحنی پس از ۵۰ میلی متر جابه جایی روی منحنی می باشد. خمیرهایی که مقاومت در برابر کشش مناسبی داشته باشند در هنگام فراوری خمیر و پخت، کیفیت مطلوب تری ایجاد می کنند [۸]. مطابق نتایج حاصل شده، این شاخص در هر دو واریته طی شصت روز انبارمانی افزایش یافت اما مقدار آن در واریته تجن بیشتر از مرودشت بود.

مطابق جدول ۵، تاثیر متقابل نوع واریته و زمان نگهداری، در تمام زمان های تخمیر، بر مقاومت به کشش نمونه ها معنی دار بود ( $P \leq 0.05$ ). ضمن آن که پس از ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه تخمیر، بیشترین مقدار مقاومت در روز شصتم و برای واریته تجن و به ترتیب معادل ( $107/13 \text{ BU}$ )، ( $105/14 \text{ BU}$ ) و ( $105/30 \text{ BU}$ ) اما کمترین مقدار آن برای واریته مرودشت و به ترتیب معادل ( $140/30 \text{ BU}$ )، ( $180/52 \text{ BU}$ ) و ( $248/69 \text{ BU}$ ) مورد

**Table 6** Mean comparison of interaction between (variety  $\times$  times) on dough extensibility of Marvdasht and Tajan varieties (Extensograph application) (mm)

Fermentation time (min)	Time (day)	Marvdasht	Tajan
45	0	125.19 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	115.03 $\pm$ 0.12 <sup>f</sup>
	30	128.26 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	117 $\pm$ 0.11 <sup>e</sup>
	60	130.03 $\pm$ 0.045 <sup>a</sup>	120.20 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>
90	0	120.36 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	105.18 $\pm$ 0.05 <sup>e</sup>
	30	126.35 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	111.20 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup>
	60	130.31 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	120.48 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>
135	0	110.32 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	95.31 $\pm$ 0.08 <sup>e</sup>
	30	115.12 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	102.25 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup>
	60	119.30 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	110.54 $\pm$ 0.09 <sup>c</sup>

In each fermentation time, mean that at least one letter in common, not significant difference at 5%

مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. منظور از قابلیت کشش‌پذیری، میزان کشش خمیر در برابر نیروی اعمال شده به خمیر می‌باشد. طول منحنی از زمان آغاز تا زمان پاره شدن خمیر بر حسب میلی‌متر بیانگر فاکتور مذکور می‌باشد [۳۳]. هرچه کیفیت آرد بهتر باشد قابلیت کشش و الاستیسیته آن نیز بیشتر خواهد بود. این‌گونه به نظر می‌رسد که با گذشت زمان، کیفیت آردها، خصوصاً آرد حاصل از گندم واریته تجن به دلیل بالاتر بودن درصد پروتئین و گلوتن آن افزایش یافته است که این خود دلیلی بر افزایش الاستیسیته خمیر آن در مقایسه با خمیر حاصل از آرد واریته مرودشت می‌باشد. افزایش الاستیسیته خمیر سبب بهبود نگهداری آب و گاز در آن می‌شود که عاملی اساسی در کاهش بیاتی و حفظ تازگی نان است [۱۱].

علت نتیجه حاصل را می‌توان به تشکیل پیوندهای دی سولفید جدید طی گذشت زمان نسبت داد که موجب افزایش کیفیت آرد شدند [۲۶]. راسل و همکاران (۲۰۰۹) نیز در پژوهشی عنوان نمودند که خمیر آرد گندم رسیده از مقاومت به کشش بیشتری در مقایسه با آرد گندم‌های تازه آسیاب‌شده برخوردارند [۳۰]. مطابق جدول ۶، تاثیر متقابل نوع واریته و زمان نگهداری، در تمام زمان‌های تخمیر، بر قابلیت کشش‌پذیری نمونه‌ها معنی‌دار بود ( $P \leq 0.05$ ). ضمن آن‌که پس از ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه تخمیر، بیشترین مقدار قابلیت کشش‌پذیری در روز شصتم و برای واریته تجن و به ترتیب معادل (۱۲۵/۲۰mm)، (۱۲۰/۴۸mm) و (۱۱۰/۵۴mm) اما کمترین مقدار آن برای واریته مرودشت و به ترتیب معادل (۱۲۵/۱۹mm)، (۱۲۰/۳۶mm) و (۱۱۰/۳۲mm) بود.

**Table 7** Mean comparison of interaction between (variety  $\times$  times) on ratio number of Marvdasht and Tajan varieties (Extensograph application)

Fermentation time (min)	Time (day)	Marvdasht	Tajan
45	0	1.12±0.02 <sup>f</sup>	1.28±0.03 <sup>c</sup>
	30	1.14±0.04 <sup>e</sup>	1.30±0.01 <sup>b</sup>
	60	1.15±0.04 <sup>d</sup>	1.33±0.05 <sup>a</sup>
90	0	1.49±0.03 <sup>f</sup>	1.81±0.06 <sup>c</sup>
	30	1.53±0.08 <sup>e</sup>	2.24±0.02 <sup>b</sup>
	60	1.61±0.04 <sup>d</sup>	2.44±0.05 <sup>a</sup>
135	0	2.25±0.01 <sup>f</sup>	3.25±0.02 <sup>c</sup>
	30	2.69±0.05 <sup>e</sup>	3.55±0.04 <sup>b</sup>
	60	3.03±0.07 <sup>d</sup>	3.66±0.03 <sup>a</sup>

In each fermentation time, mean that at least one letter in common, not significant difference at 5%

نشان داد که این خود دلیلی بر بالاتر بودن عدد نسبت در آن واریته نسبت به واریته مرودشت می‌باشد [۳۰].

#### ۴- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر زمان ماندگاری بر مقدار ثابت دی الکتریک دانه‌های گندم، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آرد و خواص رئولوژیکی خمیر حاصل از دو رقم گندم، تجن و مرودشت، طراحی و انجام شد. در این راستا دانه‌های گندم ارقام مورد نظر به مدت شصت روز نگهداری و در فواصل زمانی سی روز تحت آزمون‌های مختلف قرار گرفتند. طبق نتایج مربوط به آزمون‌های فیزیکی شیمیایی، با گذشت زمان مقدار pH در هر دو رقم کاهش اما مقدار پروتئین، گلوتن مرطوب، رسوب زنی، ثابت دی الکتریک و رطوبت افزایش یافت اما تغییر معنی‌داری در مقدار

عدد نسبت به صورت حاصل تقسیم مقاومت کشش بر قابلیت کشش خمیر تعریف می‌گردد [۳۳]. همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، تاثیر متقابل نوع واریته و زمان نگهداری، در تمام زمان‌های تخمیر، بر قابلیت کشش‌پذیری نمونه‌ها معنی‌دار بود ( $P \leq 0.05$ ). ضمن آن‌که پس از ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه تخمیر، بیشترین مقدار عدد نسبت در روز شصتم و برای واریته تجن و به ترتیب معادل (۱/۳۳)، (۲/۴۴) و (۳/۶۶) اما کمترین مقدار آن برای واریته مرودشت و به ترتیب معادل (۱/۱۲)، (۱/۴۹) و (۲/۲۵) محاسبه شدند. بزرگ‌تر بودن این عدد نشان‌دهنده آن است که آرد و در نتیجه خمیر حاصل از آن قوی‌تر بوده‌اند. مطابق نتایج آزمون‌های قبل، با گذشت زمان، کیفیت آردها، خصوصاً آرد حاصل از گندم واریته تجن به دلیل بالاتر بودن درصد پروتئین و گلوتن آن نسبت به واریته مرودشت افزایش

- [4] Fowler, D. B., Brydon, J. and Delaroche, I. A. 1990. Environmental and genotype influence on grain protein concentration of wheat and rye. *Agronomy journal*, 82: 655-664.
- [5] Lakzaei, K., Fakheri B. A., Farokhzadeh, S. and Shayan, Z. 2016. Evaluation of indices related to grain quality, chemical and rheological properties of bread wheat using biplot analysis. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 12(3): 15-33.
- [6] Jasemi, Sh., Naghipour, F., Sanjani, S., Esfandyaripour, A., Khorsandi, H. and Najafian, G. 2017. Evaluation of quality properties of four bread wheat (*Triticumaestivum*L.) cultivars in wheat producing provinces of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 19(2): 102-115. (In Persian).
- [7] FatehNikoo, K., Naghipour, F. and Faraji, A. 2019. Effect of conditions of storage in irrigated and rained wheat on the quality and bakery properties of the flour during ageing. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 85(15): 369-378. (In Persian).
- [8] Movahhed, S. 2017. Supplemental Cereal Products Technology. *Jahad University Press*. P. 45-46.
- [9] Movahed, S. and AhmadiChenarbon, H. 2017. Studying the production of Lavash bread by yeast-salt method and determining the rheological properties of its dough. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 66(14): 157- 163.
- [10] Kibar, H. 2016. Influence of storage conditions on the quality properties of wheat varieties. *American Journal of Food Science and Technology*. 4: 135-140.
- [11] Rajabzadeh, N. 2007. Iranian Flat Bread Evaluation. *Iranian Cereal and Bread Research Institute, Publication No.71, Tehran, Iran* (In Persian).
- [12] Nishio, Z., Takata, K., Ito, M., Tabiki, T., Iriki, N., Funatsuki, W. and Yanauchi, H. 2004. Relationship between physical dough properties and the improvement of bread making quality during flour aging. *Food Science and Technology Research*. 10: 208-213.
- [13] Kraszewski, A. W. Trabelsi, S. Nelson, S. O. 1998. Simple grain moisture content determination from microwave measurement.

خاکستر دو رقم مشاهده نشد. در همین راستا رقم تجن از مقدار گلوتن مرطوب، رسوب زلنی، خاکستر، رطوبت و ثابت دی‌الکتریک بیشتری در مقایسه با رقم مرودشت برخوردار بود. در ارتباط با ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر حاصل از آرد دو رقم، با گذشت زمان، مقدار جذب آب، زمان گسترش خمیر و زمان پایداری خمیر در هر دو رقم افزایش یافت اما مقدار این شاخص‌ها و مقدار افزایش آن‌ها در رقم تجن بیشتر از مرودشت بود در حالیکه درجه نرم شدن خمیر پس از ده و دوازده دقیقه در هر دو رقم با گذشت زمان کاهش یافت به گونه‌ای که مقدار این دو صفت در رقم تجن کمتر از مرودشت بود. در ادامه طبق بررسی‌های به‌عمل آمده در مورد ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیرهای حاصل از آردهای ارقام مورد بررسی، با گذشت زمان و در تمام زمان‌های تخمیر، مقدار انرژی لازم برای کشش، مقاومت به کشش، قابلیت کشش‌پذیری و عدد نسبت در هر دو رقم افزایش یافت اما غیر از قابلیت کشش‌پذیری خمیر، مقدار مابقی صفات اکستنسوگرافی بررسی شده در رقم تجن بیشتر از رقم مرودشت اندازه‌گیری شد. در ادامه این‌گونه به نظر می‌رسد که انبارمانی دو ماهه تاثیر مثبت و معنی‌داری بر بهبود خصوصیات کیفی و نانوائی آرد حاصل از ارقام تجن و مرودشت داشته است.

## ۵- منابع

- [1] Hasheminasab, F. S., MousaviBaygi, M., Bakhtiari, B. and BannayanAval, M. 2014. The effects of rainfall on dry land wheat yield and water requirement satisfaction index at different time scales. *Iranian Society of Water and Irrigation Engineering*. 5(17): 1-13. (In Persian).
- [2] Baniasadi, A., Azizi, M. H. and Sahari, M. A. 2005. Determination of suitable storage time for some kind of wheat for improving baking quality. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 2(3): 9-19. (In Persian).
- [3] Koushki, M. R., KhoshgozaranAbram, S. and Azizi, M. H. 2010. Effects of flour type, freezing method, and storage time on the quality of Barbari bread made from frozen dough. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 5 (4): 65-74. (In Persian).

- measuring the capacitance. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 12: 339-346.
- [24] Kato, K. 1997. Electrical density sorting and estimation of solids content of watermelon. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 67: 161- 170.
- [25] Nelson, S., Bartley J. and Lawnce, K. C. 1998. RF and microwave dielectric properties of stored grain insect and their implication for potential insect control. *Transactions of the ASAE*. 41(3): 685-692.
- [26] Movahed, S., AhmadiChenarbon, H. and Vafaie, M. 2014. Effect of guar and carboxy methyl cellulose gums on chemical, rheological, organoleptic and staling properties of Chapatti bread. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*. 45(1): 31-36.
- [27] Chereji, R., Căpriță, R. and Crețescu, I. 2010. The Influence of xylanase supplementation on dough rheology concerning its consistograph parameters. *Animal Science and Biotechnologies*. 43(1): 379-382.
- [28] Abdel-Aal, E. S., Hucl, P., Chibbar, R., Han, H. and Demeke, T. 2002. Physicochemical and structural characteristics of flours and starches from waxy and no waxy wheat. *Cereal Chemistry*. 79 (3): 458-64.
- [29] Skendi, A., Biliaderis, C., Papageorgiou, M. and Izydorczyk, M. 2010. Effects of two barley  $\beta$ -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chemistry*. 119 (3): 1159-1167.
- [30] Rosell, C. M., Bárcenas, M. and O-Keller, J. 2009. Influence of different hydrocolloids on major wheat dough components (gluten and starch). *Journal of Food Engineering*. 94: 241–247.
- [31] Guarda, A., Rosell, C. M., Bedito, C. and Galotto, M. J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. 18: 241-247.
- [32] Li, Y., Lu, J., Gu, G., Shi, Z. and Mao, Z. 2005. Studies on water extractable arabinoxylan during malting and brewing. *Food Chemistry*. 93: 33–38.
- [33] Payan, R. 2006. *Introduction to Technology of Cereal Products*. Aige Pub. Iran. P.420.
- Transactions of the ASAE*. 41 (1): 129 -134.
- [14] Hlavaciva, Z. 2003. Low frequency electric properties utilization in agriculture and food treatment. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 49: 135-146.
- [15] Anonymous. 2003. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists* (2<sup>th</sup> Ed.). The Association: St. Paul. MN.
- [16]. Anonymous. 1992. *International Cereal Chemistry-Standard*, 1972 NO 15 and NO 114/1 Revised 1992.
- [17] Movahed, S., Rooshenas, G. and AhmadiChenarbon, H. 2011. Evaluation of the effect of liquid sour dough method on dough yield, bread yield and organoleptic properties Iranian Lavash bread. *World Applied Sciences Journal*. 15(7): 1054-1058.
- [18] Hruskova, M. and Machova, D. 2002. Changes of wheat flour properties during short term storage. *Journal of Food Science*. 27:125-130.
- [19] Shahmiri, E., Seyedain Ardebili, S.M., Hosseini, S.E. and Aghagholizadeh, R. 2016. Effect of storage conditions on physicochemical and farinograph characteristics of wheat flour. *Journal of Food Science and Technology*. 51(13): 89-103 (In Persian).
- [20] Green, F.C., Anderson, R.E., Halford, N.G. and Shewry, P.R. 1988. Analysis of possible quality-related sequence variation in the D1 glutenin high molecular weight subunit genes of wheat. In proceeding 7<sup>th</sup> international wheat genetics symposium. IPSR. Cambridge. UK. PP.735-740.
- [21] Payne, P.L., Holt, L.M., Krattiger, A.F. and Carrillo, J.M. 1988. Relationships between seed quality characteristics and Hn1Wg glutenin subunit composition determined using wheat grown in Spain. *Journal of Cereal Science*. 7: 229- 235.
- [22] Shahedi, M., Kabir, Gh. and Bahrami, M. 2005. Flour quality on dices and rheological properties of Iranian wheat for production of Taftoon bread. *Journal of Agriculture Science and Nature resource*. 12(2): 78-88 [in Persian].
- [23] Afzal, A., Mousavi, S. F., Khademi, M. 2010. Estimation of leaf moisture content by

## The effect of storage time on dielectric constant of kernels, qualitative properties of flour and rheological characterization of two wheat cultivars (Tajan and Marvdasht)

Ahmadi Chenarbon, H. <sup>1\*</sup>

1. Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Varamin - Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

(Received: 2019/09/21 Accepted:2019/12/11)

One of the most important factors contributing to bread waste in production and consumption is the use of newly-harvested wheat in some seasons. However, the occurrence of natural oxidation and formation of intermolecular bonds in the protein network improve wheat quality due to proper storage. For this purpose, this research examined the effect of storage life on the dielectric constant of wheat kernels, physicochemical properties of flour, and rheological properties of the dough from two cultivars, namely Tajan and Marvdasht, in three durations (0, 30, and 60 days). Results suggested that, with the passage of time, pH decreased in cultivars, but the protein level, wet gluten, Zeleny sedimentation, dielectric constant, and moisture increased, while the ash in both cultivars did not change significantly. Meanwhile, all measured properties, excluding pH and protein, improved more significantly in the Tajan Cultivars than in Marvdasht. Additionally, as time passed, water absorption, dough development time, and dough stability time increased in both cultivars, but the value of these indexes and the level of changes were higher in Tajan than in Marvdasht. At the same time, dough softening degrees decreased in both cultivars through time after 10 and 12 minutes with Tajan having a lower degree than Marvdasht. With the passage of time, in all durations of fermentation, the required energy for dough extension, resistance to extension, extensibility, and the ratio number Increased in both cultivars. Except for the dough extensibility, the changes in other properties in the Tajan Cultivar were higher than those of the Marvdasht Cultivar. The research concluded that the effect of storage life on physicochemical and rheological properties of the dough from Tajan was higher and more significant than those of Marvdasht.

**Keywords:** Wheat, Storage time, Wet gluten, Rheological properties, Dielectric constant.

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: h.ahmadi@iauvaramin.ac.ir