دوازدهمین کنگره ملی
مهندسی مکانیک بیوسیستم
و مکانیزاسیون ایران
دانشگاه شهید چمران اهواز ۱۶ - ۱۸ بهمن ماه ۱۳۹۸
دانشگاه شهید چمران اهواز
انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

بررسی اثر گرمادهی دی‌الکتریک RF بر ویژگی‌های کیفی گندم و خصوصیات رئولوژیکی خمیر و آرد گندم

آمنه لطفی[1*]، داریوش زارع[2]، سید مهدی نصیری[3]، محبوبه فضایلی[4]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز (amene.lotfi72@gmail.com)
۲. هیأت علمی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز (dzare@shirazu.ac.ir)
۳. هیأت علمی، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شیراز (nasiri@shirazu.ac.ir)
۴. هیأت علمی، گروه مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه شیراز (mfazaeli@shirazu.ac.ir)

چکیده

با توجه به کاهش کیفیت و میزان گندم تولیدی در نتیجه خشکسالی‌های اخیر، بهبود ویژگی‌های کیفی خمیر تولیدی، امری لازم تلقی می‌شود. در این پژوهش آزمایش‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل‌های اصلی اعمال شده عبارت بودند از دمای گندم (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس)، رطوبت گندم (۸٪، ۱۲٪ و ۱۵٪ مبنای تر) و سردسازی به وسیله‌ی نیتروژن (بدون سردسازی، سردسازی تا ۳۰ درجه سلسیوس و سردسازی تا ۱۰ درجه سلسیوس) که به نمونه‌ها اعمال شد که در سردسازی تا ۱۰ درجه سلسیوس دمای ۴۰ درجه سلسیوس نیز بررسی شد. صفت مورد اندازه‌گیری محتوای رطوبتی، درصد و سرعت جوانه‌زنی، آزمون فارینوگراف، اکستنسوگراف و گلوتن ایندکس بود. با توجه به واکاوی نتایج مشاهده شد ویژگی‌های کیفی گندم مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی و محتوای رطوبتی کاهش یافت که برای انبارداری مطلوب بود. در رطوبت ۱۵٪ و دمای ۷۰ درجه سلسیوس بیشترین افت در درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و تغییر محتوای رطوبتی نسبت به شاهد مشاهده شد که به ترتیب برابر با ۵۴٪، ۴۲/۳ ٪ و ۱۷/۲٪ بود. کیفیت آرد و خمیر تولیدی از گندم نیز طی آزمون‌های اکستنسوگراف، فارینوگراف و گلوتن ایندکس بررسی شد و نتایج نشان‌دهنده‌ی بهبود کیفیت گلوتن گندم و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر تولیدی به‌طور قابل‌توجهی بود.

کلمات کلیدی: *امواج رادیویی، افزایش دما، کیفیت گندم، کیفیت خمیر، بهبود آرد*

*نویسنده مسئول: amene.lotfi72@gmail.com

بررسی اثر گرمادهی دی‌الکتریک RF بر ویژگی‌های کیفی گندم و خصوصیات رئولوژیکی خمیر و آرد گندم

مقدمه

گندم و نان تولیدی از آن‌یکی از مهم‌ترین منابع غذایی در جهان است، که بخش اعظمی از کالری، پروتئین، ویتامین و مواد معدنی مورد نیاز بدن را تأمین می‌کند[۱].

پروتئین‌های زیادی در گندم وجود دارد که گلوتن از مهم‌ترین آن‌ها به شمار می‌آید و به‌عنوان پرمصرف‌ترین پروتئین در جهان بعد از پروتئین سویا است[۲]. پروتئین‌های گلوتنی شامل گلیادین‌ها و گلوتنین‌ها هستند و نزدیک به ۸۰٪ پروتئین دانه گندم را این دو جزء تشکیل می‌دهند [۵]. از این رو بهبود گلوتن گندم و افزایش پیوندهای دی‌سولفیدی گندم اهمیت ویژه‌ای دارد.

سال‌های اخیر استفاده از روش‌های فیزیکی و مکانیکی نوین در صنعت کشاورزی رو به افزایش است که از جمله آن‌ها می‌توان به گرمادهی دی‌الکتریک و استفاده از امواج رادیویی اشاره کرد. بر اساس اینکه گرمادهی دی الکتریک تأثیر بسزایی بر روی مولکول‌های دو قطبی و پیوندهای شیمیایی دارد و با توجه به اینکه پروتئین‌های موجود در گندم از نوع ساختار سوم پروتئین‌ها هستند یعنی زنجیرهای پلی‌پپتیدی به وسیله پیوندهای دی‌سولفید به‌هم متصل شده و ساختار پروتئین را تشکیل می‌دهند، این روش می‌تواند روشی مناسب و کارآمد برای بهبود آرد و نان باشد.

در ایران برای بهبود آرد و نان عموما از مواد شیمیایی همچون امولسیفایرها استفاده می‌شود و با توجه به اینکه استفاده از مواد شیمیایی ممکن است تأثیرات منفی در آینده داشته باشد بررسی روش‌های غیرشیمیایی نوین می‌تواند گام بزرگی در این زمینه باشد. تاکنون تحقیقی مبنی بر بررسی ویژگی‌های کیفی و خواص رئولوژی گندم صورت نگرفته است اما درتحقیقی که توسط Gao و همکاران [۴] در سال ۲۰۱۰ انجام گرفت، با استفاده از یک سامانه‌ی آزمایشگاهی RF با فرکانس ۲۷ مگاهرتز و توان ۰/۷۵ کیلووات و هوای گرم ۶۳ درجه سلسیوس، ویژگی‌های کیفی محصول بادام پس از ۲۰ روز نگه‌داری در دمای ۳۵ درجه سلسیوس که مشابه با ۲ سال انبارداری در دمای ۴ درجه سلسیوس بیان شد، بدون تغییر و یا در بعضی موارد بهبود کیفیت گزارش شد.

در مطالعه‌ی دیگری که ویژگی‌های کیفی بادام خام شیرین قرار گرفته تحت سامانه‌ی RF در مقایسه با نمونه شاهد بررسی شد، به این نتیجه رسیدند که با استفاده از انرژی RF ویژگی‌های کیفی بادام یا بهبود یافته و یا اینکه تغییری نداشته است[۶].

براساس اطلاعیه‌ی سازمان ملی استاندارد ایران آزمون‌های متداول بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی آرد و خمیر، آزمون گلوتن ایندکس، فارینوگراف و اکستنسوگراف تعیین شده‌اند که با استفاده از آزمون فارینوگراف می‌توان میزان جذب آب، زمان عمل‌آوری، زمان ثبات و درجه نرم شدن خمیر را بدست آورد و آزمون اکستنسوگراف قابلیت و مقاومت خمیر را بررسی می‌کند. همچنین محتوای رطوبتی، درصد و سرعت جوانه‌زنی به عنوان شاخص‌های تعیین کیفیت گندم دانه‌ای به شمار می‌آیند. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی شاخص‌های کیفی گندم قرار گرفته تحت سامانه RF و ارزیابی خواص رئولوژیکی آرد و خمیر تولیدی است.

مواد و روش‌ها

آماده سازی گندم

گندم مرغوب و با کیفیت از ایستگاه زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز تهیه گردید. پس از بوجاری رطوبت اولیه‌ی آن اندازه گیری شد. سپس با استفاده از رابطه‌های استاندارد در سه سطح رطوبت ۸٪ ، ۱۲٪ و۱۶٪ تهیه گردید و به صورت بسته‌های ۱ کیلوگرمی در کیسه‌های پلاستیکی که قابلیت نفوذ هوا و رطوبت را نداشت بسته‌بندی گردید. سپس نمونه‌های آماده شده در یخچال در دمای۴ درجه سلسیوس نگه‌داری شد.

اعمال سامانه RF

برای انجام آزمایش از دستگاه گرمادهی دی‌الکتریک RF با فرکانس ۱۳/۵۶ مگاهرتز و توان تا ۳۰۰ وات موجود در بخش مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز استفاده شد. نمونه‌های گندم در رطوبت‌های مختلف به گونه ای در دستگاه قرار گرفته تا دمای مرکز نمونه تا ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس افزایش یابد. سپس نمونه‌هایی که تیمار سردسازی داشته با استفاده از نیتروژن مایع تا دمای ۳۰ یا ۱۰ درجه سلسیوس خنک شد.

اندازه‌گیری محتوای رطوبتی

برای تعیین رطوبت گندم طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۷۰۵ آن عمل شد. به این صورت که ظروف آلومینیومی تعیین رطوبت به مدت ۱ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس درون آون قرار داده شد. پس از خنک شدن ظروف، ۱۰ گرم گندم به مدت ۱۹ ساعت در دمای ۱۳۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن هر نمونه اندازه‌گیری شد و با توجه به رابطه تعیین رطوبت، محتوای رطوبتی هر نمونه محاسبه شد. با استفاده از معادله (۱) محتوای رطوبتی محاسبه گردید.

$$\%MC = \frac{M(w)-M(d)}{M(w)} \times 100 \qquad (۱)$$

%MC: درصد رطوبت بر پایه‌ی تر ماده

M(w): وزن تر محصول (گرم)

M(d): وزن خشک محصول (گرم)

اندازه‌گیری سرعت و درصد جوانه زنی

این شاخص با استفاده از آزمون جوانه‌زنی استاندارد و با استفاده از روش ماگوئر اندازه‌گیری گردید [۳]. برای تعیین سرعت جوانه زنی گندم، قبل از انجام آزمایش بذرهایی که تحت تیمار و گرمایشRF قرار گرفته بودند توسط هیپوکلرید سدیم و ۴ مرحله آب مقطر ضدعفونی شدند. سپس تعداد ۵۰ عدد بذر به وسیله‌ی پنس ضدعفونی شده روی ۲ لایه کاغذ صافی

که با استفاده از اتوکلاو استریل شده بودند درون پتری دیش‌های استریل قرار داده شد. پس از آن درون اتاقک رشد[1] و در شرایط مطلوب نگه‌داری شد. تعداد بذرهای جوانه‌زده به صورت روزانه و در یک ساعت مشخص شمارش گردید. در انتها با توجه به رابطه زیر، درصد و سرعت جوانه‌زنی بدست آمد.

برای تعیین آهنگ جوانه زنی و درصد جوانه‌زنی می‌توان از رابطه‌های زیر بهره گرفت.

$$GR = \sum \frac{n}{D} \quad (۲)$$

GR: آهنگ جوانه‌زنی (تعداد دانه‌های جوانه‌زده بر روز)

n: تعداد دانه‌های جوانه‌زده در هر روز

D: تعداد روز گذشته از شروع آزمایش

$$\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{n}{50} \times 100 \quad (۳)$$

n: تعداد دانه‌های جوانه‌زده از ۵۰ دانه

آزمون اکستنسوگراف

برای انجام این آزمایش از دستگاه Haubelt ساخت آلمان استفاده گردید. در طول آزمایش دمای نمونه و آب مقطر ۳۰ درجه سلسیوس است که دمای مطلوب برای خمیر کردن آرد تعیین شده است. ابتدا دستگاه و قطعات آن برای جلوگیری از خطای آزمایش به دقت تمیز شدند. پس از آن مقدار ۱۰۰ گرم آرد و ۲٪ نمک طعام درون مخزن دستگاه ریخته و روشن شد. ابتدا دستگاه برای آماده سازی و تنظیم دمای آرد، به مدت ۱ دقیقه آرد را مخلوط کرد. سپس آب مقطر توسط بورت به آرد اضافه شد. در مرحله‌ی بعد خمیر آماده شده در دستگاه چونه‌گیر قرار داده شد. سپس چونه خمیر توسط رول کننده به استوانه تبدیل شد و در قالب مخصوص قرار گرفت. قالب خمیر درون مخزن پخت قرار گرفته و در سه مرحله‌ی ۴۵ دقیقه‌ای در دمای ۳۰ درجه سلسیوس پخت شد. پس از هر ۴۵ دقیقه خمیر درون دستگاه نیروسنج قرار گرفته و نمودار مربوط به آن رسم گردید. با توجه به نمودارهای بدست آمده خواص کیفی گندم مانند قابلیت کشش‌پذیری و مقاومت خمیر بررسی شد.

آزمون فارینوگراف

برای انجام این آزمایش از دستگاه Haubelt ساخت آلمان استفاده گردید. سپس با تحلیل نمودار بدست آمده شاخص‌های کیفی آرد مانند زمان عمل‌آوری و ثبات خمیر مشخص شد.

آزمون گلوتن ایندکس

در این آزمایش از دستگاه گلوتن ایندکس و گلوتن‌شوی ساخت شرکت باستاک ترکیه استفاده شد. ابتدا در محفظه‌ای مانند بشر آزمایشگاهی که سطح زیرین آن با ورقه‌ی فلزی سوراخ دار(اندازه مش آن با توجه به درجه استخراج آرد متفاوت

1-Germinator

است) پوشیده شده، ۱۰ گرم آرد ریخته شد، سپس ۵ میلی‌لیتر نمک طعام ۲ درصد به آن افزوده شد. دستگاه توسط لوله‌ی پلاستیکی به مخزن همین محلول متصل بود تا عمل شستشو را انجام دهد. در ابتدا که دستگاه روشن گردید به مدت ۲۰ ثانیه توسط همزن آرد و محلول ترکیب شدند. سپس همزن کمی بالا آمده و به مدت ۵ دقیقه عمل شستشو انجام گردید. پس از این مرحله دستگاه به صورت خودکار خاموش و گلوتن شسته شده به راحتی از ظرف جدا گردید. سپس برای اندازه‌گیری کیفیت، گلوتن درون محفظه‌ای که قسمت زیرین آن را فلزی با مش ۱۰۰ پوشانده بود قرار داده شد و در دستگاه سانتریفیوژ ساخت همین شرکت به مدت ۱ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور بر دقیقه گذاشته شد. در این مرحله وزن گلوتن قسمت درونی و بیرونی اندازه‌گیری شد و با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{گلوتن ایندکس} = \frac{m_1}{m_1+m_2} \times 100 \qquad ۴-۵$$

m_1: وزن گلوتن قسمت درونی (گرم)

m_2: وزن گلوتن قسمت بیرونی (گرم)

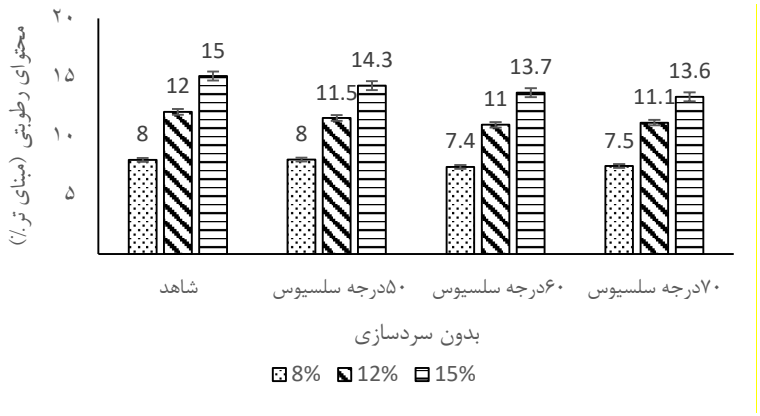
تجزیه و تحلیل آماری

برای ارزیابی ویژگی‌های کیفی گندم و خمیر تولیدی، آزمایش‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل‌های اصلی اعمال شده عبارت بودند از دمای گندم (۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس)، رطوبت گندم (۸٪، ۱۲٪ و ۱۵٪ مبنای تر) و سردسازی به وسیله‌ی نیتروژن (بدون سردسازی، سردسازی تا ۳۰ درجه سلسیوس و سردسازی تا ۱۰ درجه سلسیوس) که به نمونه‌ها اعمال شد. صفت مورد اندازه‌گیری محتوای رطوبتی، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص گلوتن گندم و ویژگی‌های رئولوژی خمیر تولیدی بود .

نتایج و بحث

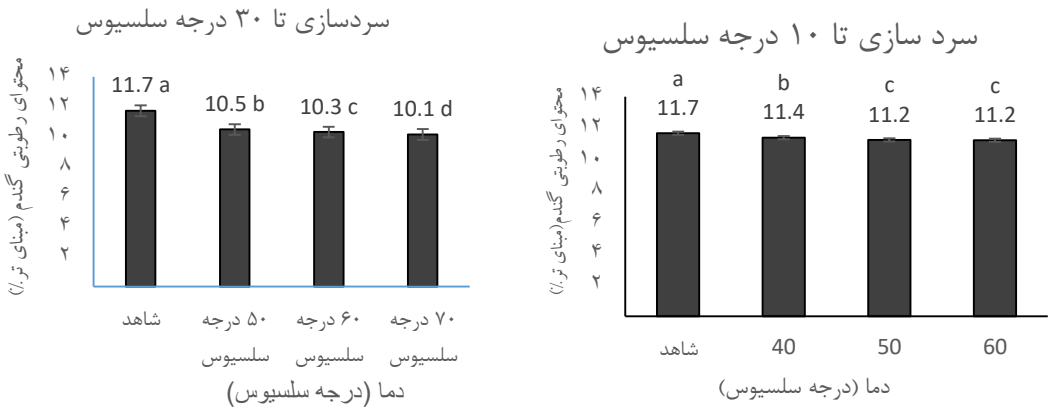
بررسی تغییرات محتوای رطوبتی گندم

بر اساس نمودار ۱ می‌توان نتیجه گرفت، با استفاده از گرمادهی دی الکتریک رطوبت محصول کاهش می‌یابد. با توجه به تبخیر آب در دماهای بالاتر اختلاف رطوبت نسبت به شاهد با افزایش دما، افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش رطوبت محصول به دلیل اینکه مولکول‌های دوقطبی حاصل از رطوبت افزایش می‌یابد، حساسیت محصول نسبت به این نوع گرمایش افزایش یافته در نتیجه تغییرات محتوای رطوبتی نسبت به شاهد با افزایش رطوبت محصول، بیشتر می‌گردد.



شکل ۱- برهمکنش رطوبت اولیه و دما بر تغییرات محتوای رطوبتی گندم در بدون سردسازی

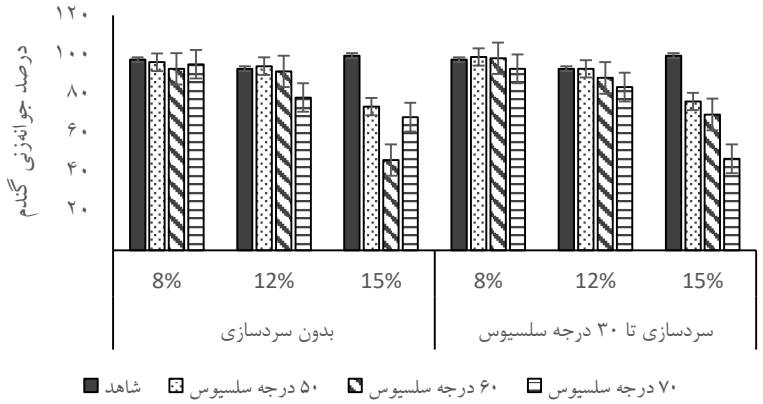
با توجه به نمودارهای شکل ۲ مشاهده می‌شود که تغییرات رطوبت در حالت سردسازی تا ۳۰ و ۱۰ درجه سلسیوس بیشتر از بدون سردسازی بوده است. همچنین کاهش رطوبت در سردسازی تا ۳۰ درجه سلسیوس در دماهای ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس بیشترین مقدار است. بنابراین زمانی که دمای محصول پس از گرمادهی به وسیله دی الکتریک سریعاً به ۳۰ درجه سلسیوس کاهش یابد مولکول‌های دوقطبی آب که تحت تأثیر میدان الکتریکی بوده به سرعت تبخیر می‌شوند. در نتیجه رطوبت محصول کاهش می‌یابد. اما زمانی که سردسازی تا دمای کمتر یعنی ۱۰ درجه سلسیوس انجام شود به نظر می‌رسد که موجب تشکیل مجدد مولکول‌های آب شود.



شکل ۲- اثر دما بر تغییرات محتوای رطوبتی گندم در سردسازی تا ۳۰ و ۱۰ درجه سلسیوس

بررسی درصد جوانه‌زنی

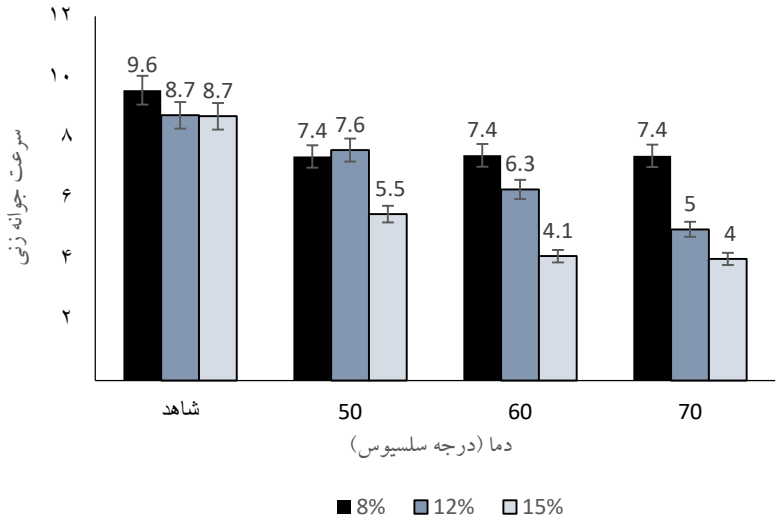
بر اساس نتایج تحلیل آماری داده‌ها در شکل ۳ مشخص گردید با افزایش دما و رطوبت با توجه به افزایش مولکول‌های دو قطبی آب، ضریب تلفات افزایش یافته و نرخ افزایش دما بیشتر می‌شود در نتیجه قوه نامیه کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه درصد زیادی از گندم، برای تأمین غذا و تبدیل به آرد، در سیلوها انبارداری می‌شود و در محیط سیلوها شرایط برای جوانه‌زنی مناسب است، کاهش قوه نامیه گندم در انبارداری این محصول امری مطلوب است.



شکل ۳- مقایسه‌ی برهمکنش سردسازی، رطوبت و دما بر درصد جوانه زنی گندم

بررسی سرعت جوانه‌زنی

با توجه به شکل ۴ افزایش رطوبت به دلیل افزایش مولکول‌های دو قطبی آب موجب تأثیر پذیری بیشتر گرمادهی دی‌الکتریک و افزایش دما در واحد زمان می‌شود که کاهش سرعت جوانه زنی گندم را در پی دارد.



شکل ۴- بر همکنش دما در رطوبت بر سرعت جوانه زنی گندم

بررسی نتایج آزمون اکستنسوگراف

همانگونه که از نتایج جدول ۱ مشخص می‌شود استفاده از گرمادهی به وسیله‌ی دی‌الکتریک باعث افزایش ویژگی‌های کیفی خمیر حاصل از گندم تحت تیمار نسبت به نمونه‌ی شاهد شده است، و بر اساس نتایج موجود در جدول ۲ مشاهده می‌شود با افزایش دما در گرمادهی دی الکتریک ویژگی های کیفی خمیر به طور چشمگیری بهبود

یافته است. همچنین با مقایسه ویژگی‌های کیفی گندم در دو حالت گرمادهی دی‌الکتریک بدون سردسازی و گرمادهی به همراه سردسازی با نیتروژن آمده در جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت که در هر دو حالت ویژگی های کیفی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است. با توجه به اینکه پروتئین‌های موجود در گندم از نوع ساختار سوم پروتئین‌ها هستند یعنی زنجیره‌های پلی پپتیدی به وسیله‌ی پیوندهای دی سولفید به هم متصل شده و ساختار پروتئین را تشکیل می‌دهند. بنابراین هر چه پیوندهای دی سولفید افزایش یابد کیفیت گندم بهتر می‌شود. به نظر می‌رسد با توجه به اینکه گرمادهی دی‌الکتریک تأثیر بسزایی بر روی مولکول‌های دوقطبی آب دارد زمانی که گندم تحت میدان الکتریکی قرار می گیرد مولکول های آب شکسته می‌شود و رادیکال آزاد اکسیژن-هیدروژن تشکیل می‌شود که یک اکسید کننده محسوب می‌شود. بنابراین بر اثر اکسایش هیدروژن‌های موجود در پیوندهای گوگرد-هیدروژن شکسته شده و تشکیل مولکول‌های آب داده و گوگرد ها نیز پیوندهای دی سولفید جدیدی تشکیل می‌دهند. که در نهایت باعث بهبود کیفیت گندم می‌شود که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی به صورت دقیق با روش‌هایی همچون طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) بررسی شود.

جدول ۱- نتایج آزمون اکستنسوگراف برای مقایسه تأثیر رطوبت اولیه بر ویژگی‌های کیفی

رطوبت (درصد)	دما (درجه سلسیوس)	انرژی (سانتی متر مربع)	کشش پذیری (میلی متر)	مقاومت	مقاومت به کشش پذیری
شاهد	۰	۲۰	۱۱۸	۱۴۲	۱۰۶
٪۸	۳۰-۶۰	۱۷	۱۰۲	۱۳۸	۹۶
٪۱۲	۳۰-۶۰	۲۹	۱۴۵	۱۴۵	۱۳۷
٪۱۵	۳۰ – ۶۰	۲۸	۱۳۹	۱۳۹	۱۳۷

جدول ۲- نتایج آزمون اکستنسوگراف برای مقایسه تاثیر دما بر ویژگی‌های کیفی

دما (درجه سلسیوس)	نیتروژن	انرژی (سانتی متر مربع)	کشش پذیری (میلی متر)	مقاومت	مقاومت به کشش پذیری
شاهد	۰	۲۰	۱۱۸	۱۴۲	۱۰۶
۵۰	سردسازی تا ۳۰	۲۰	۱۱۱	۱۵۷	۱۱۲
۶۰	سردسازی تا ۳۰	۲۹	۱۴۵	۱۶۹	۱۳۷
۷۰	سردسازی تا ۳۰	۳۲	۱۲۹	۱۷۷	۱۶۱

جدول ۳- نتایج اکستنسوگراف برای مقایسه تاثیر سردسازی با نیتروژن بر ویژگی‌های کیفی

نیتروژن	رطوبت (درصد)	انرژی (سانتی متر مربع)	کشش پذیری (میلی متر)	مقاومت	مقاومت به کشش پذیری
شاهد	٪۱۲	۲۰	۱۱۸	۱۴۲	۱۰۶
بدون سردسازی	٪۱۲	۲۷	۱۴۲	۱۵۹	۱۲۸
سردسازی تا ۳۰	٪۱۲	۲۹	۱۴۵	۱۶۹	۱۳۷

سردسازی تا ۱۰	٪۱۲	۲۸	۱۲۳	۱۸۲	۱۴۴

بررسی نتایج آزمون فارینوگراف

همانگونه که از جدول ۴ مشاهده می‌شود با اعمال گرمادهی دی‌الکتریک در هر سه سطح رطوبت جذب آب افزایش یافته است . و با افزایش رطوبت زمان عمل‌آوری و زمان ثبات کاهش یافته است اما نسبت به شاهد بیشتر است. با افزایش رطو بت اولیه نمونه ها، درجه نرمی به طور مؤثری کاهش یافته که بیانگر ثبات خمیر پس از گذشت مدت زمان ۲۰ دقیقه است. با توجه به جدول ۵ با افزایش دما ویژگی‌های کیفی آرد در مقایسه با نمونه شاهد بهتر بوده است. زمان پیشرفت خمیر تولیدی طی آزمون فارینوگراف کاهش یافته است، این در حالی است که پایداری خمیر با افزایش دما بیشتر شده است. همچنین مشاهده می‌شود در هر سه سطح دمایی میزان آب جذب افزایش و درجه نرمی خمیر کاهش یافته که بیانگر بهبود کیفیت خمیر است. با توجه به جدول ۶ در هر سه حالت میزان جذب آب و پایداری خمیر بیشتر از نمونه شاهد است. همچنین درجه نرمی خمیر تولیدی کمتر از شاهد است. بنابراین با استفاده از گرمایش دی‌الکتریک میزان جذب آب و مقاومت آن افزایش می‌یابد.

جدول ۴- نتایج آزمون فارینوگراف برای مقایسه تأثیر رطوبت اولیه گندم بر ویژگی‌های کیفی

رطوبت (درصد)	دما (درجه سلسیوس)	جذب آب (درصد)	زمان عمل‌آوری (دقیقه)	ثبات خمیر (دقیقه)	درجه نرمی
شاهد	۰	٪۵۲/۹	۲/۳	۲/۴	۱۶۶
٪۸	۶۰ – ۳۰	٪۵۳/۲	۱/۵	۴/۹	۱۷۲
٪۱۲	۶۰ – ۳۰	٪۵۴/۵	۱/۴	۴/۴	۱۶۵
٪۱۵	۶۰ – ۳۰	٪۵۹/۶	۱/۳	۲/۸	۱۲۳

جدول ۵- نتایج آزمون فارینوگراف برای مقایسه تأثیر دما بر ویژگی‌های کیفی

دما (درجه سلسیوس)	نیتروژن	میزا جذب آب (درصد)	زمان پیشرفت (دقیقه)	پایداری (دقیقه)	درجه نرمی
شاهد	۰	٪۵۲/۹	۲/۳	۲/۴	۱۶۶
۵۰	سردسازی تا ۳۰	٪۶۱/۶	۲/۶	۲/۵	۱۳۲
۶۰	سردسازی تا ۳۰	٪۵۴/۵	۱/۴	۴/۴	۱۶۵
۷۰	سردسازی تا ۳۰	٪۵۶	۱/۹	۲/۳	۱۴۳

جدول ۶- نتایج آزمون فارینوگراف برای مقایسه تأثیر سردسازی با نیتروژن بر ویژگی‌های کیفی

نیتروژن	رطوبت (درصد)	میزا جذب آب (درصد)	زمان پیشرفت (دقیقه)	پایداری (دقیقه)	درجه نرمی
شاهد	٪۱۲	٪۵۲/۹	۲/۳	۲/۴	۱۶۶
بدون سردسازی	٪۱۲	٪۵۶	۲/۲	۲/۷	۱۴۳
سردسازی تا ۳۰	٪۱۲	٪۵۴/۵	۱/۴	۴/۴	۱۶۵
سردسازی تا ۱۰	٪۱۲	٪۵۹/۲	۲/۲	۲/۶	۱۴۶

بررسی نتایج آزمون گلوتن ایندکس

بر اساس شکل ۵ با مقایسه‌ی شاخص گلوتن در سه سطح رطوبتی می توان دریافت که با افزایش رطوبت و دما میزان افزایش گلوتن ایندکس شیب بیشتری دارد. در هر دو حالت استفاده از سردساری و بدون سرد سازی گلوتن ایندکس نسبت به شاهد افزایش یافته است.

شکل ۶- مقایسه حالات مختلف سردسازی با نیتروژن و دما در سه سطح رطوبتی نسبت به شاهد

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از بررسی و مقایسه تیمارها با نمونه شاهد مشاهده گردید، که با استفاده از این روش درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و محتوای رطوبتی گندم کاهش یافته است، اما با توجه به اینکه کاهش درصد و سرعت جوانه زنی گندم انباری، امری مطلوب به شمار می‌آید این افت مشکلی برای انبارداری محصولات غذایی مانند گندم ایجاد نمی‌کند.

بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌های کیفی گندم، مشاهده گردید درصد گلوتن و ویژگی های خمیر تولیدی به صورت قابل توجهی بهبود یافته است.

منابع

۱. شیرزائی، ش.، شیخ الاسلامی، ز.، عطای صالحی، ا. ۱۳۹۵. بررسی امکان مشروط نمودن دانه گندم با امواج فراصوت و تأثیر آن بر خصوصیات فارینوگرافی خمیر و تصویری نان بربری. علوم و صنایع غذایی. (۱۴)۷۱: ۲۹۸-۲۹۱.

۲. مشکانی، م.، پورفلاح، ز.، توکلی پور، ح.، رضابهشتی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اثر افزودن ایزوله پروتئینی نخود و اسید آسکوربیک بر خصوصیات رئولوژی خمیر آرد گندم به روش سطح پاسخ. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. (۱۲)۴۷: ۲۰۶-۱۹۷.

3. Agrawal. R. L. (2005). Seed technology, Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi. Andreuccetti, D., Bini, M., Ignesti, A., Gambetta, A., & Olani, R. (1994). Microwave destruction of woodworms. Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 29(3), 153-160.
4. Gao, M., Tang, J., Wang, Y., Powers, J., & Wang, S. (2010). Almond quality as influenced by radio frequency heat treatments for disinfestation. Postharvest Biology and Technology, 58(3), 225-231.
5. Iran-Nejad H, Shahbazian N, (2005). Field Crops Tolerance to Stress. Kar No Press. Tehran. P: 230.
6. Jeong, S. G., Baik, O. D., & Kang, D. H. (2017). Evaluation of radio-frequency heating in controlling Salmonella enterica in raw shelled almonds. International Journal of Food Microbiology, 254, 54-61.

The Effect of Radio Frequency Dielectric Heating on Wheat Qualitative Characteristics and Rheological Properties of Wheat dough and flour

A.Lotfi[1*], D.Zare[2], S.M.Nassiri[3], M.Fazaeli[4]

1. Former Graduate Student, Department of Biosystems Engineering, University of Shiraz
2. Faculty Member, Department of Biosystems Engineering, University of Shiraz
3. Faculty Member, Department of Biosystems Engineering, University of Shiraz
4. Faculty Member, Department of Science and Food Industry, University of Shiraz

Abstract

Due to the decrease in quality and quantity of wheat produced as a result of recent droughts, it is essential to improve the quality characteristics of produced pulps. In this research, the experiments were carried out in a factorial experiment based on a completely randomized design in three replications. The main experimental factors were wheat temperature (50, 60 and 70 ^{0}C), moisture content (8%, 12% and 15% wet bases) and nitrogen cooling (without cooling, cooling up to 30 °C, and cooling up to 10 °C). The qualitative characteristics of wheat such as percentage and rate of germination and moisture content were measured and showed that, all these characteristics decreased which are suitable for storage. At 15% moisture and 70°C, the highest reduction was observed in germination percentage, germination rate and changes in moisture content as compared to control, which was 54%, 42.3% and 17.2%, respectively. The quality of flour and pulp produced from wheat was also evaluated by Extensograph, Farinograph and Gluten Quality tests. The results showed a significant improvement in the quality of wheat gluten and the characteristics of the dough.

Key words: Radio frequency, Increasing Temprature, Wheat Quality, Dough and Flour Quality, Amelioration of Dough Quality.

*Corresponding author
E-mail: amene.lotfi72@gmail.com