تأثیر شرایط مختلف عملیات خشک‌کردن و تمپرینگ بر کیفیت سفید شدگی برنج

احسان نصرنیا[۱]، مرتضی صادقی[۲] و امین اله معصومی[۲]

۱ و ۲ – به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶

sadeghimor@cc.iut.ac.ir

چکیده

در این تحقیق دو رقم شفق (دانه بلند) و سازندگی (دانه متوسط) تحت شرایط خشک کردن سریع و ملایم در چهار بازه زمانی مختلف در مرحله اول از عملیات خشک کردن، خشک شدند. بلافاصله پس از اتمام عملیات خشک کردن، عملیات تمپرینگ در دمای خشک‌کن و درون کیسه های کیپ زیپ در ۷ بازه زمانی ۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰ و ۲۴۰ دقیقه انجام شد. در پایان به عنوان مرحله دوم عملیات خشک کردن، محتوای رطوبتی همه نمونه‌ها برای انجام عملیات پوست کنی مناسب به ۱۲/۵٪ بر پایه تر کاهش داده شد. پس از انجام عملیات پوست کنی و سفید کردن تیمارهای مختلف شلتوک، درجه سفیدی جرمی و نوری هر تیمار اندازه‌گیری شد. آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل عامل‌ها در شکل اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۲ تکرار انجام شد. اثر منابع خطا و اثر متقابل آن‌ها بر درجه سفیدی جرمی و نوری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند. نتایج نشان داد که برای هر دو رقم سازندگی و شفق، هنگام خشک کردن دانه های برنج در شرایط خشک کردن ملایم انجام عملیات تمپرینگ تأثیر معنی‌داری بر درجه سفیدی جرمی و نوری نداشت. لیکن خشک کردن دانه‌های برنج در شرایط خشک کردن سریع نشان داد که با کاهش ۶ درصد محتوای رطوبتی اولیه و عملیات تمپرینگ مناسب می‌توان ضمن تسریع در عملیات خشک کردن، به برنج سفید با کیفیت مناسب سفید شدگی دست یافت. بطوری که برای رقم‌های سازندگی و شفق بمنظور دستیابی به درجه سفیدی جرمی مطلوب به ترتیب ۲۴۰ و ۲۰۰ دقیقه تمپرینگ و درجه سفیدی نوری بهینه ۱۶۰ و ۲۴۰ دقیقه تمپرینگ توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تمپرینگ، خشک‌کردن، درجه سفیدی، رقم، عملکرد برنج سالم

مقدمه

برنج یکی از قدیمی‌ترین گیاهانی است که در دنیا کشت شده و پس از گندم بیشترین سطح زیر کشت اراضی زراعی جهان را به خود اختصاص داده است. طبق آمار منتشر شده توسط سازمان خوار و بار جهانی (FAO) در سال ۲۰۰۷، میزان کل تولید جهانی برنج برابر ۶۵۹ میلیون تن بوده است. تولید این محصول در قاره آسیا به میزان ۶۰۰ میلیون تن بوده و سهم ایران از این مقدار، ۳/۵ میلیون تن گزارش شده است. با توجه به افزایش جمعیت و محدودیت‌های افزایش سطح زیر کشت محصول برنج، مهمترین هدف در صنعت تولید این گیاه استراتژیک، تولید

محصول با بالاترین کیفیت است. برای دستیابی به این هدف، لازم است شلتوک بلافاصله پس از برداشت خشک شود تا از بروز فساد بیولوژیک و ضایعات میکروبی جلوگیری شود (بروکر و همکاران، ۱۹۹۲).

تبدیل شلتوک به برنج سفید شامل مراحل و استفاده از دستگاه‌های متفاوتی می‌باشد. این مراحل عبارتند از خشک کردن، پوست کنی، سفید کردن و درجه بندی. محصول خروجی از دستگاه پوست‌کن برنج قهوه‌ای (برنج سبوس‌دار) می‌باشد. این برنج آماده مصرف بوده و از نظر غذایی نیز ارزش بیشتری نسبت به برنج سفید دارد، اما از آنجا که بازار پسندی آن کمتر است آن را در مرحله دیگری تحت عنوان مرحله سفیدکنی به برنج سفید تبدیل می‌کنند. عملیات سفیدکردن ممکن است در چند مرحله انجام شود تا سفیدی مناسب برای ارسال محصول به بازار حاصل شود. بنابراین، یکی از مهمترین شاخص‌های رایج برای ارزیابی کیفی محصول برنج تولیدی، درجه سفیدی (DOM) می‌باشد که معمولاً به دو روش جرمی و نوری اندازه‌گیری می‌شود. عمده ضایعات برنج در مرحله تبدیل شلتوک به برنج سفید بوجود می‌آید. در هر یک از مراحل تبدیل برنج مقداری ضایعات وجود دارد. بخشی از ضایعات ناشی از کاربرد نامناسب ماشین‌های تبدیل است ولی عموماً عوامل دیگری که به شرایط قبل از تبدیل مربوط می‌شوند نیز کیفیت تبدیل را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این‌رو تحقیقات زیادی برای بهینه‌سازی شرایط تبدیل و شرایط قبل از آن برای تولید محصولی با کیفیت بالاتر، صورت گرفته است (تجددی طلب، ۱۳۸٤، حسینیان و همکاران، ۱۳۸۷، مینایی و همکاران، ۱۳۸٤، هدایتی پور و همکاران، ۱۳۸٤ و یان و همکاران، ۲۰۰۰).

از آنجا که خواص مادی (ضرایب انبساط حرارتی و رطوبتی و حجم مخصوص) و خواص حرارتی (دمای گذار شیشه ای و ضریب پخش) دانه برنج تا حد زیادی تحت تأثیر محتوای رطوبتی آن می‌باشند، با تغییر محتوای رطوبتی دانه، خواص مذکور بطور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌یابند. این تغییرات ایجاد شده بر کیفیت تبدیل تأثیرگذار خواهند بود (ناسن و سبنمورگن، ۲۰۰۰). در حال حاضر در صنعت تولید برنج برای خشک‌کردن و کاهش رطوبت از شلتوک تازه برداشت شده، از فرآیند خشک‌کردن چند مرحله‌ای برای رساندن محتوای رطوبتی محصول به حد مناسب برای انبار داری و عملیات تبدیل (پوست‌کنی و سفید کردن) استفاده می‌گردد.

با توجه به این که دفع رطوبت از دانه شلتوک از سطوح بیرونی انجام می‌شود، بنابراین در فرآیند خشک‌کردن، سطوح درونی رطوبت بیشتری نسبت به سطوح بیرونی پیدا می‌کنند. همچنین در ابتدای خشک‌کردن، دمای سطوح بیرونی نسبت به سطوح درونی بیشتر خواهد بود. چنین تفاوت‌هایی در سطوح رطوبتی و دمایی بین قسمت‌های مختلف یک دانه برنج باعث تشکیل گرادیان‌های محتوای رطوبتی و دمایی درون دانه می‌شود. گرادیان‌های دمایی و رطوبتی بین سطوح درونی و بیرونی باعث ایجاد خواص مادی و حرارتی متفاوت در قسمت‌های مختلف یک دانه برنج خواهد شد که این اختلاف در خواص منجر به تشکیل تنش‌های تفاضلی می‌گردد (جیا و همکاران، ۲۰۰۰). از این‌رو مطالعات زیادی در زمینه بهینه سازی شرایط خشک کردن بمنظور کاهش ضایعات و بهبود عملکرد برنج سالم حین عملیات تبدیل انجام شده است (ناسن وهمکاران، ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ناسن وهمکاران، ۲۰۰۲، جیا و همکاران، ۲۰۰۰ و سیبنمورگن، ۲۰۰٤). لیکن تحقیقی در زمینه تعیین شرایط بهینه عملیات خشک کردن و تمپرینگ از نظر میزان سفیدشدگی انجام نشده است.

در تحقیق حاضر اثر شرایط خشک کردن سریع و ملایم در چهار بازه زمانی مختلف در یک مرحله از خشک کردن همراه با مدت‌های مختلف عملیات تمپرینگ بر درجه سفیدی جرمی و نوری دو رقم شفق (دانه بلند) و سازندگی (دانه متوسط) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر نوع رقم، آزمایش‌ها بر روی دو رقم دانه- متوسط و دانه- بلند صورت پذیرفت. رقم سازندگی، رقم غالب مورد کشت در استان اصفهان، به عنوان رقم دانه- متوسط و رقم شفق، یکی از ارقام پرمحصول استان مازندران، به عنوان رقم دانه- بلند برای انجام آزمایش‌ها انتخاب شدند. نمونه‌ها بلافاصله پس از تهیه، تمیز شده و کاه و کلش‌های موجود از دانه‌های شلتوک حذف شدند. سپس نمونه‌های تمیز شده درون کیسه‌های پلاستیکی ضخیم بمنظور ممانعت از تبادل رطوبتی با محیط، بسته‌بندی شده و درون سردخانه با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری محتوای رطوبتی اولیه، نمونه‌ها به مدت ٢٤ ساعت درون آون در دمای ١٣٠ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. به این ترتیب رطوبت اولیه رقم سازندگی و شفق به ترتیب برابر با ٢٠ و ٢٠/٥٪ بر پایه تر اندازه‌گیری شد. بمنظور بررسی اثر مدت زمان عملیات خشک‌کردن بر درجه سفید شدگی برنج و تعیین حداکثر مقدار درصد کاهش رطوبت در هر مرحله از فرآیند خشک‌کردن چند مرحله‌ای برنج، آزمایش‌های مرحله اول خشک‌کردن انجام شدند. مرحله اول خشک‌کردن نمونه‌ها شامل درصد کاهش رطوبت اولیه (PPMR) نمونه‌ها به اندازه ١/٥، ٣، ٤/٥ و ٦٪ بود.

بمنظور ایجاد شرایط یکنواخت در دانه‌های شلتوک حین خشک شدن از روش خشک‌کردن بستر نازک (ضخامت لایه شلتوک حین خشک شدن ٣ تا ٥ میلیمتر) استفاده شد. برای خشک‌کردن نمونه‌ها در شرایط محیطی مورد نظر از اتاقک کنترل شرایط محیطی (Germinator) گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان استفاده شد.

برای خشک کردن ارقام شلتوک تهیه شده در مرحله اول خشک‌کردن، دو شرایط خشک‌کردن ملایم و سریع در نظر گرفته شد. در شرایط اول (شرایط ملایم) دما و رطوبت نسبی محیط درون اتاقک بترتیب برابر با ٤٠ درجه سانتی-گراد و ١٢٪ در نظر گرفته و تنظیم شد. بر اساس یافته‌ها و نتایج محققان و دیاگرام‌های حالت ارائه شده برای ارقام مختلف برنج، پیش‌بینی می‌شود این شرایط محیطی باعث قرارگیری دانه‌های برنج در حالت شیشه‌ای شود. با استفاده از معادله پیشنهادی چانگ (معادله ١) برای پیش‌بینی محتوای رطوبتی تعادلی(EMC) و ضرایب ارائه شده در استاندارد ASAE (1999) مقدار ٥/٨٪ برای محتوای رطوبت تعادلی شلتوک برنج در این شرایط پیش‌بینی گردید.

$$M = E - Fln\left[-(T + C)ln\left(\frac{Pv}{Pvs}\right)\right] \quad (1)$$

که در آن M محتوای رطوبتی تعادلی برنج با محیط بر پایه خشک (به صورت اعشاری)، T دما (درجه سانتی‌گراد)، Pv فشار بخار آب محصول (پاسگال)، Pvs فشار بخار آب اشباع در دمای تعادلی سیستم (پاسگال) و C، E و F ضرایب ثابت می‌باشند. شرایط دوم خشک‌کردن شرایط شدیدتری نسبت به شرایط اول در نظر گرفته شد که باعث تسریع عمل خشک‌کردن شود. دما و رطوبت نسبی محیط درون اتاقک کنترل شرایط محیطی به ترتیب برابر با ٦٠ درجه سانتی‌گراد و ١٧٪ انتخاب شد که با توجه به معادله ١ باعث ایجاد محتوای رطوبتی تعادلی ٥/٥٪ گردید.

پیش‌بینی می‌شود بکارگیری این شرایط محیطی باعث خشک‌شدن دانه‌های شلتوک در ناحیه لاستیکی گردد و پدیده گذار شیشه‌ای حین خشک‌کردن و خنک‌شدن اتفاق بیافتد.

بلافاصله پس از انجام مرحله اول عملیات خشک‌کردن، عملیات تمپرینگ روی هر نمونه انجام شد. هر عامل PPMR، شامل ۷ تیمار می‌شد که به ترتیب به مدت ۰، ٤٠، ٨٠، ١٢٠، ١٦٠، ٢٠٠و ٢٤٠ دقیقه عملیات تمپرینگ در دمای برابر با دمای خشک‌کن روی آن‌ها انجام شد. برای انجام عملیات تمپرینگ، نمونه‌ها بلافاصله پس از خشک شدن در مرحله اول درون کیسه‌های پلاستیکی ضخیم کیپ- زیپ قرار داده شدند و پس از خارج کردن هوای درون کیسه، درب آن‌ها محکم بسته شد به گونه‌ای که امکان هیچ‌گونه تبادل هوایی بین دانه‌های برنج درون کیسه و محیط بیرون وجود نداشته باشد. نمونه‌های بسته‌بندی شده درون کیسه‌های کیپ- زیپ درون آون قرار داده شدند و زمان شروع عملیات تمپرینگ برای هر تیمار ثبت گردید. بلافاصله پس از پایان مدت زمان تمپرینگ، هر کدام از تیمارها از آون خارج شده و برای انجام مرحله دوم خشک‌کردن آماده شدند. از آنجا که محتوای رطوبتی مطلوب برای انجام عملیات پوست‌کنی شلتوک در حدود ١٤-١٢٪ (بر پایه تر) می‌باشد، در مرحله دوم خشک‌کردن تمام نمونه‌ها تا محتوای رطوبتی ١٢/٥٪ خشک شدند. برای این کار نمونه‌ها درون اتاقک خشک‌کن با دمای ٢١ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٤٥٪ بصورت بستر نازک قرار داده شدند، تا طبق معادله ١، در رطوبت ١٢/٥٪ (بر پایه تر) با محیط بیرون به تعادل برسند. پیش‌بینی می‌شود که این شرایط باعث قرارگیری دانه‌های شلتوک برنج در ناحیه شیشه‌ای شود.

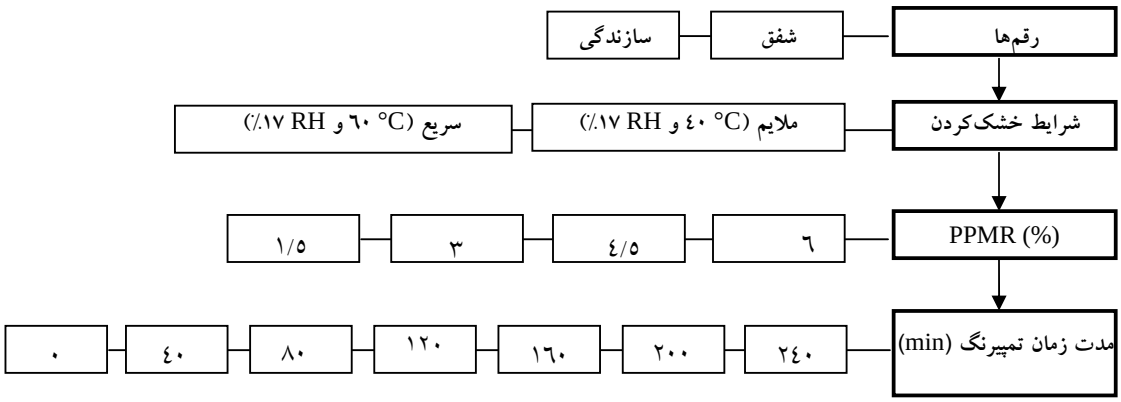
برای انجام عملیات تبدیل، نمونه‌ها به موسسه تحقیقات برنج کشور (معاونت مازندران) در شهرستان آمل منتقل شدند. برای جدا کردن پوست دانه‌های شلتوک از پوست‌کن SATAKE مدل TRU 358 ساخت کشور ژاپن استفاده گردید. پس از کندن پوست خارجی نمونه‌ها و توزین آن‌ها، نمونه‌ها درون سفیدکن ریخته شدند. حسینیان (١٣٨٦) با مقایسه اثر دو نوع سفیدکن سایشی و تیغه‌ای بر عملکرد برنج سالم برای ارقام مختلف برنج (ازجمله رقم سازندگی) نشان داد که سفیدکن سایشی عملکرد بهتری نسبت به سفیدکن تیغه‌ای در ارتباط با عملکرد برنج سالم خواهد داشت. بنابراین برای انجام عملیات سفیدکردن از سفیدکن سایشی SATAKE مدل TM ساخت کشور ژاپن استفاده گردید.

برای بیان میزان سفیدشدگی از دو شاخص درجه سفیدی جرمی(DOM_m) و درجه سفیدی نوری (DOM_{mm}) می‌توان استفاده نمود. درجه سفیدی جرمی به نسبت جرم سبوس برداشت شده از روی دانه برنج سفید به جرم برنج قهوه‌ای گفته می‌شود. درجه سفیدی نوری شاخصی از میزان جذب پرتو نوری توسط دانه‌های برنج سفید می‌باشد که با استفاده از دستگاه سفیدی‌سنج اندازه‌گیری می‌شود. در این پژوهش هر دو شاخص درجه سفیدی جرمی و نوری برای هر تیمار اندازه‌گیری شدند. درجه سفیدی نوری با استفاده از دستگاه سفیدی‌سنج مدل C300 ساخت شرکت CAT و درجه سفیدی جرمی با استفاده از نسبت جرمی سبوس برداشته شده حین سفید شدن به برنج قهوه ای (رابطه ٢) بدست آمد:

$$DOM_m = \frac{m_b - m_w}{m_b} \times 100 \quad (٢)$$

که در آن m_b جرم برنج قهوه‌ای در پایان مرحله پوست‌کنی (گرم) و m_w جرم برنج سفید حاصل از دستگاه سفیدکن (گرم) می‌باشند.

برای بررسی اثر شرایط مختلف خشک‌کردن و تمپرینگ در خشک‌کردن چند مرحله‌ای برنج برای دو رقم دانه- متوسط و دانه- بلند مورد آزمون، از طرح کاملاً تصادفی (CRD) به صورت فاکتوریل عامل‌ها در قالب اسپلیت پلات با ٤ عامل رقم (٢ سطح)، شرایط خشک‌کردن (٢ سطح)، درصد کاهش رطوبت در مرحله اول (٤ سطح) و مدت زمان تمپرینگ (٧ سطح) استفاده شد. شکل ١ تیمارها و سطوح آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ١- سطوح مختلف تیمارهای طرح آزمایشی بکار رفته.

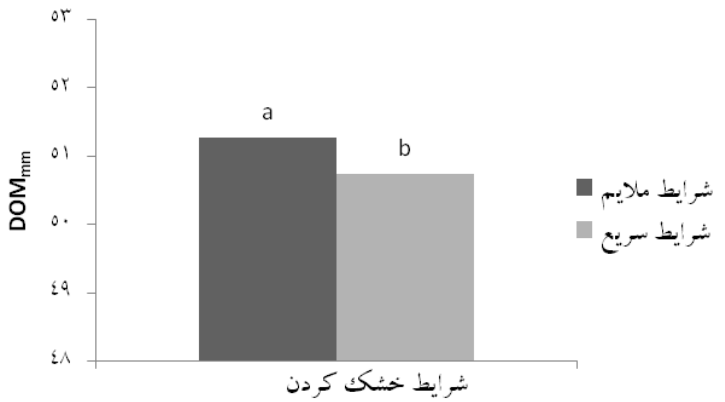
مقادیر DOM_m و DOM_{mm} به عنوان متغیرهای وابسته اندازه‌گیری شده مربوط به هر تیمار در نظر گرفته شدند. داده‌های بدست آمده برای هر تیمار توسط نرم‌افزار آماری SAS مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت، مقایسه مقادیر میانگین با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

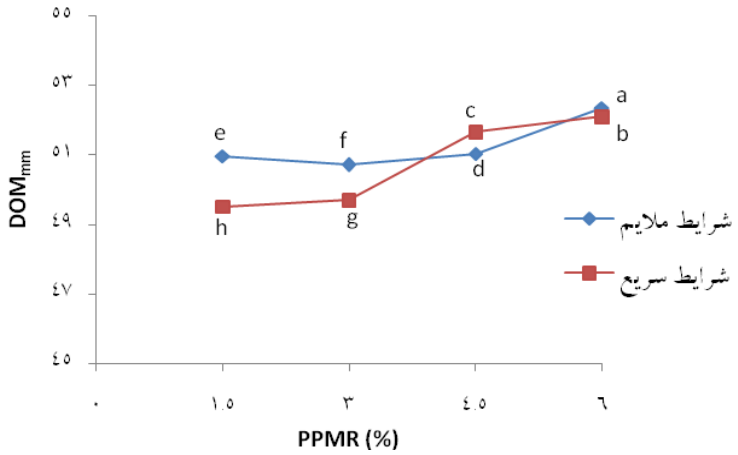
درجه سفیدی نوری

اثر کلیه عوامل آزمایشی (رقم، شرایط خشک‌کردن، PPMR و مدت تمپرینگ) و اثرات متقابل آن‌ها بر درجه سفیدی نوری در سطح احتمال ١٪ معنی‌دار بود. مقادیر میانگین درجه سفیدی نوری مربوط به شرایط خشک‌کردن ملایم و سریع (شکل ٢) نشان داد که در شرایط خشک‌کردن ملایم درجه سفیدی نوری بطور معنی‌داری بیشتر از مقدار متناظر در شرایط خشک‌کردن سریع بود که می‌تواند به دلیل احتمال تغییر حالت دانه‌های برنج هنگام خشک شدن در ناحیه لاستیکی و تغییر خواص مادی دانه باشد. از طرفی همانطور که در شکل ٣ نشان داده شده است، افزایش درصد کاهش رطوبت (افزایش مدت زمان خشک‌کردن) در هر دو شرایط خشک‌کردن سریع و ملایم باعث افزایش معنی‌دار درجه سفیدی نوری شد، بطوریکه بیشترین مقادیر درجه سفیدی نوری هنگام کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی در هر دو شرایط خشک‌کردن بدست آمد.

مقایسه مقادیر میانگین درجه سفیدی نوری ارقام سازندگی و شفق با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ٥٪ نشان داد که در شرایط خشک‌کردن ملایم برای هر دو رقم سازندگی و شفق بیشترین مقادیر درجه سفیدی نوری در سطوح مختلف درصد کاهش رطوبت، هنگام عدم انجام عملیات تمپرینگ ایجاد شد. بنابراین می‌توان گفت بکارگیری تمپرینگ پس از خشک شدن دانه‌های برنج ارقام مذکور تحت شرایط خشک کردن ملایم، تأثیر مثبت و قابل ملاحظه‌ای بر افزایش درجه سفیدی نوری آن‌ها نداشته است.

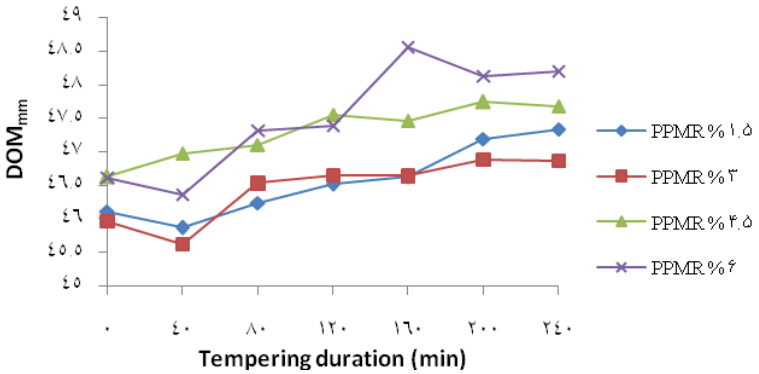


شکل ۲- مقایسه میانگین درجه سفیدی نوری در شرایط خشک کردن سریع و ملایم در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از آزمون LSD.



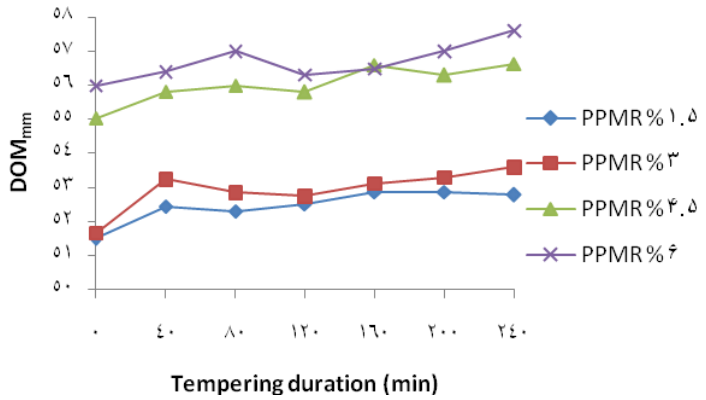
شکل ۳- تغییرات درجه سفیدی نوری با سطوح مختلف درصد کاهش رطوبت در شرایط خشک کردن سریع و ملایم (تفاوت میانگین‌های مشخص شده با حروف مختلف با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است).

با توجه به شکل ٤ در شرایط خشک کردن سریع برای رقم سازندگی می‌توان گفت که بطور کلی افزایش مدت تمپرینگ در هر سطح PPMR تحت شرایط خشک‌کردن سریع باعث افزایش معنی‌دار درجه سفیدی نوری شد. شیب این تغییرات هنگام ٦٪ کاهش محتوای رطوبتی نسبت به سایر سطوح PPMR بیشتر بود. بیشترین مقدار درجه سفیدی نوری برای رقم سازندگی در شرایط خشک‌کردن سریع برابر با ٤٨/٥٧ بود که با کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی اولیه و ١٦٠ دقیقه انجام عملیات تمپرینگ به دست آمد. همچنین مشاهده می‌شود، مقادیر درجه سفیدی نوری مربوط به کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی در مدت زمان‌های تمپرینگ مشابه در سطوح بالاتری نسبت به مقادیر مربوط هنگام ١/٥ و ٣٪ کاهش محتوای رطوبتی قرار دارند.



شکل ٤- تأثیر مدت تمپرینگ بر درجه سفیدی نوری در سطوح مختلف PPMR تحت شرایط خشک‌کردن سریع برای رقم سازندگی.

مقادیر درجه سفیدی نوری مربوط به مدت زمان‌های مختلف تمپرینگ در سطوح مختلف PPMR تحت شرایط خشک‌کردن سریع برای رقم شفق (شکل ٥) نشان داد که افزایش مدت تمپرینگ در هر سطح PPMR برای رقم شفق تحت شرایط خشک‌کردن سریع نیز باعث افزایش درجه سفیدی نوری شد. همچنین در مدت زمان‌های مشابه عملیات تمپرینگ با افزایش مدت زمان خشک‌کردن (افزایش PPMR)، درجه سفیدی نوری افزایش یافت. شیب افزایش درجه سفیدی نوری با مدت تمپرینگ در هنگام کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی نسبت به سایر سطوح PPMR بیشتر بود. بیشترین مقدار درجه سفیدی نوری برای این رقم و شرایط خشک‌کردن برابر با ٥٧/٦٠ و مربوط به کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی به همراه ٢٤٠ دقیقه مدت تمپرینگ حاصل شد.



شکل ٥- تأثیر مدت تمپرینگ بر درجه سفیدی نوری در سطوح مختلف PPMR تحت شرایط خشک‌کردن سریع برای رقم شفق.

مقایسه میانگین درجه سفیدی نوری ارقام سازندگی و شفق در شرایط خشک‌کردن و تمپرینگ مشابه نشان داد که رقم شفق دارای درجه سفیدی نوری بیشتری نسبت به رقم سازندگی بود که علت آن می‌تواند به خصوصیات ژنتیکی ارقام شفق و سازندگی و قابلیت متفاوت آن‌ها در انتقال پرتو نور مربوط شود.

درجه سفیدی جرمی

تجزیه واریانس اثر منابع تغییرات (رقم، شرایط خشک‌کردن، PPMR و مدت تمپرینگ) و اثرات متقابل آن‌ها بر درجه سفیدی جرمی نشان داد که اثر همه عوامل و اثرات متقابل آن‌ها بر درجه سفیدی جرمی در سطح احتمال

۰/۰۱٪ معنی‌دار بود. میانگین مقادیر درجه سفیدی جرمی در شرایط خشک‌کردن ملایم و سریع در شکل ٦ نشان داده شده است. مشابه درجه سفیدی نوری، در شرایط خشک‌کردن سریع مقادیر درجه سفیدی جرمی کمتری نسبت به شرایط خشک‌کردن ملایم حاصل شد.

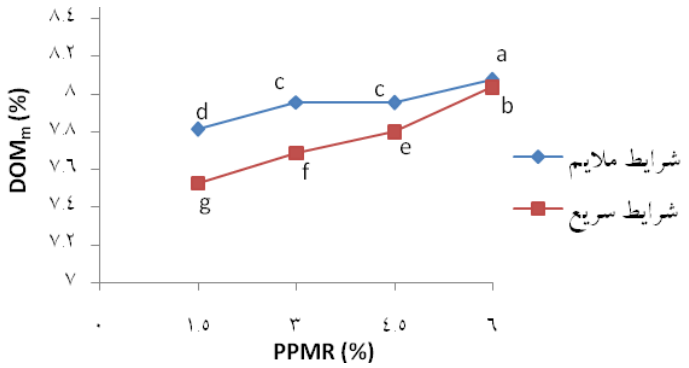
شکل ٦- مقایسه میانگین درجه سفیدی جرمی در شرایط خشک‌کردن سریع و ملایم در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از آزمون LSD.

شکل ۷ مقادیر میانگین درجه سفیدی جرمی مربوط به سطوح مختلف PPMR در شرایط خشک‌کردن سریع و ملایم را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که افزایش درصد کاهش رطوبت در هر دو شرایط خشک‌کردن، باعث افزایش معنی‌دار درجه سفیدی جرمی شد. این افزایش در شرایط خشک‌کردن سریع با شیب بیشتری نسبت به شرایط خشک کردن ملایم بود.

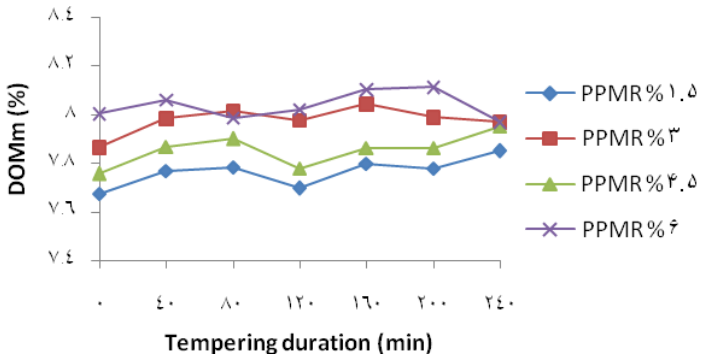
برخلاف در جه سفیدی نوری، در مورد درجه سفیدی جرمی مقایسه مقادیر میانگین هر دو رقم در شرایط خشک کردن ملایم نشان داد که مدت تمپرینگ بر این شاخص عملکردی در این شرایط اثر معنی‌داری داشت. بطوری که با ۱٦۰ دقیقه انجام عملیات تمپرینگ، درجه سفیدی جرمی رقم سازندگی هنگام کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی نسبت به عدم انجام عملیات تمپرینگ، ۱/۲۵٪ افزایش نشان داد. بنابراین هنگام کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی بمنظور کاهش مدت زمان عملیات خشک‌کردن، مناسب‌ترین مدت تمپرینگ برای دستیابی به بالاترین درجه سفیدی جرمی برای رقم‌های سازندگی و شفق به ترتیب ۱٦۰ و ٤۰ دقیقه در شرایط خشک‌کردن ملایم بدست آمد.

در شکل ۸ مقادیر میانگین درجه سفیدی جرمی مربوط به سطوح مختلف مدت تمپرینگ در سطوح مختلف PPMR تحت شرایط خشک‌کردن ملایم برای رقم سازندگی نشان داده شده است. همانطور که مشخص است، در این شرایط مقادیر مربوط به کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی نسبت به مقادیر مربوط به سایر سطوح PPMR سفیدی جرمی بیشتر و مقادیر مربوط به کاهش ۱/۵٪ محتوای رطوبتی درجه سفیدی جرمی کمتری را نسبت به سایر مدت زمان‌های خشک‌کردن (PPMR) در مدت زمان‌های مشابه تمپرینگ باعث گردید.

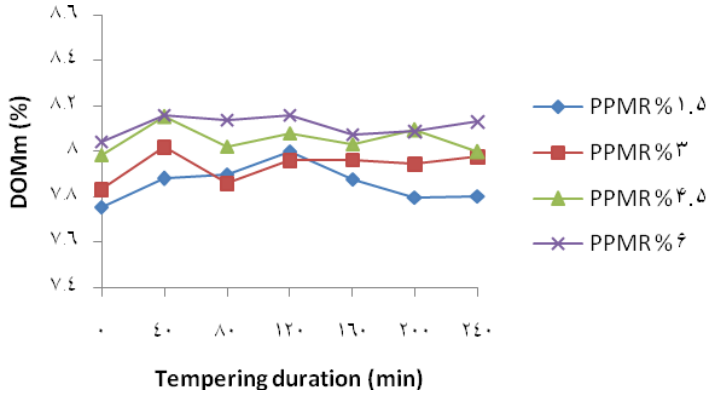
روند تغییرات درجه سفیدی جرمی رقم شفق با مدت تمپرینگ در سطوح مختلف PPMR تحت شرایط خشک-کردن ملایم در شکل ۹ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی اولیه در تمامی مدت مدت زمان‌های انجام عملیات تمپرینگ باعث ایجاد مقادیر درجه سفیدی جرمی بیشتری نسبت به کاهش ۱/۵٪ محتوای رطوبتی شد.



شکل ۷- تغییرات درجه سفیدی جرمی با سطوح مختلف درصد کاهش رطوبت در شرایط خشک کردن سریع و ملایم.
تفاوت میانگین‌های مشخص شده با حروف مختلف با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است.



شکل ۸- تأثیر مدت تمپرینگ بر درجه سفیدی جرمی در سطوح مختلف PPMR تحت شرایط خشک‌کردن ملایم برای رقم سازندگی.

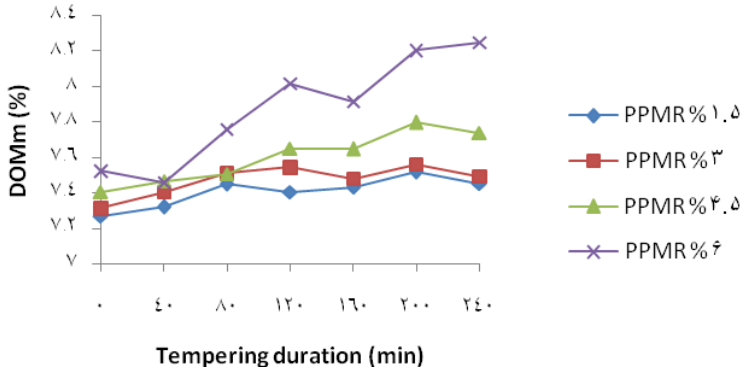


شکل ۹ - تأثیر مدت تمپرینگ بر درجه سفیدی جرمی در سطوح مختلف PPMR تحت شرایط خشک کردن ملایم برای رقم شفق.

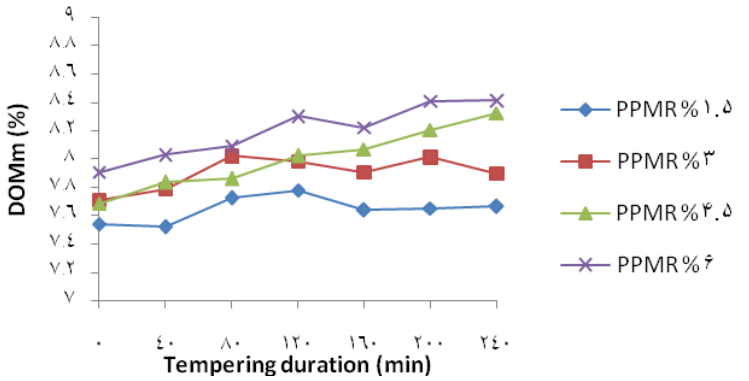
مطابق شکل ۱۰، در شرایط خشک کردن سریع برای رقم سازندگی افزایش مدت زمان خشک‌کردن (افزایش PPMR) باعث افزایش درجه سفیدی جرمی شد و بیشترین مقادیر این شاخص کیفی تبدیل در PPMR برابر با ٦٪ حاصل گردید. بنابراین بیشترین مقدار درجه سفیدی جرمی برای این رقم در این شرایط خشک‌کردن، برابر با ۸/۲۵٪ و هنگام کاهش ٦٪ رطوبت اولیه به همراه ۲٤۰ دقیقه عملیات تمپرینگ بدست آمد. اختلاف این مقدار با مقدار مشابه مربوط به شرایط خشک‌کردن ملایم کاملاً معنی‌دار و قابل توجه می‌باشد. انتخاب این شرایط برای خشک‌کردن

رقم سازندگی تحت شرایط سریع باعث کاهش تعداد مراحل خشک‌کردن و مدت زمان قرارگیری نمونه‌ها در خشک‌کن خواهد شد، هرچند انجام عملیات تمپرینگ بین مراحل خشک‌کردن نسبتاً زمان‌بر خواهد بود.

در شرایط خشک‌کردن سریع برای رقم شفق (شکل ۱۱) نیز کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی به همراه ۲۰۰ دقیقه تمپرینگ، ضمن کاهش زمان قرارگیری نمونه‌ها در خشک‌کن، باعث ایجاد درجه سفیدی مطلوبی در دانه‌های برنج گردید. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که برای هر دو رقم سازندگی و شفق تحت شرایط خشک‌کردن سریع، افزایش مدت تمپرینگ باعث افزایش درجه سفیدی جرمی می‌شود و شیب این افزایش در مدت زمان‌های طولانی‌تر خشک‌کردن (سطوح بالاتر PPMR) بیشتر خواهد بود.



شکل ۱۰- تأثیر مدت تمپرینگ بر درجه سفیدی جرمی در سطوح مختلف PPMR تحت شرایط خشک‌کردن سریع برای رقم سازندگی.



شکل ۱۱- تأثیر مدت تمپرینگ بر درجه سفیدی جرمی در سطوح مختلف PPMR تحت شرایط خشک‌کردن سریع برای رقم شفق.

نتیجه‌گیری

رقم شفق (دانه بلند) درجه سفیدی نوری و درجه سفیدی جرمی بیشتری نسبت به رقم سازندگی (دانه متوسط) در شرایط خشک کردن و تمپرینگ مشابه داشت که علت آن را می‌توان بخاطر خصوصیات ژنتیکی و فیزیکی آن دانست. در شرایط خشک‌کردن ملایم مقادیر درجه سفیدی نوری و جرمی بیشتری نسبت به شرایط خشک‌کردن سریع ایجاد شد که می‌تواند به دلیل احتمال تغییر حالت دانه‌های برنج هنگام خشک شدن در ناحیه لاستیکی (شرایط

خشک کردن سریع) و تغییر خواص مادی دانه باشد. همچنین با افزایش زمان خشک کردن نمونه‌ها در هر دو شرایط خشک‌کردن سریع و ملایم، درجه سفیدی نوری و جرمی نمونه‌های برنج افزایش پیدا نمود که شیب این افزایش در شرایط خشک‌کردن سریع نسبت به شرایط خشک‌کردن ملایم بیشتر بود.

در شرایط خشک‌کردن ملایم برای هر دو رقم سازندگی و شفق بیشترین مقادیر درجه سفیدی نوری در سطوح مختلف درصد کاهش رطوبت، هنگام عدم انجام عملیات تمپرینگ ایجاد شد. بنابراین برای هر دو رقم مورد آزمایش، کاهش ٦٪ محتوای رطوبتی بدون انجام عملیات تمپرینگ در هر مرحله علاوه بر تسریع عملیات خشک-کردن می‌تواند باعث ایجاد درجه سفیدی نوری مناسبی تحت شرایط خشک‌کردن ملایم شود. از سوی دیگر، انجام عملیات تمپرینگ برای هر دو رقم تحت شرایط خشک‌کردن آرام بر درجه سفیدی جرمی بطور معنی‌داری موثر بود.

اثر مدت زمان خشک‌کردن و مدت انجام عملیات تمپرینگ برای رقم‌های سازندگی و شفق تحت شرایط خشک-کردن سریع بر هر دو درجه سفیدی نوری و جرمی معنی‌دار بود. بطوریکه، خشک کردن دانه‌های برنج در شرایط خشک‌کردن سریع نشان داد که با کاهش ٦ درصد محتوای رطوبتی اولیه و عملیات تمپرینگ مناسب می‌توان ضمن تسریع در عملیات خشک‌کردن، به برنج سفید با کیفیت مناسب سفید شدگی دست یافت. بنابراین، برای رقم‌های سازندگی و شفق بمنظور دستیابی به درجه سفیدی جرمی مطلوب به ترتیب ٢٤٠ و ٢٠٠ دقیقه تمپرینگ و درجه سفیدی نوری بهینه به ترتیب ١٦٠ و ٢٤٠ دقیقه تمپرینگ توصیه می‌گردد.

منابع و مآخذ

١. تجددی طلب، ک.، ١٣٨٤. اثر خشک‌کردن چند مرحله‌ای بر بازده تبدیل و مدت خشک‌کردن شلتوک. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ٦: ١١٣-١٢٤.

٢. حسینیان، ح.، م. صادقی، ع. همت، م. حیدری سلطان‌آبادی و ف. توسلی، ١٣٨٧. رابطه بین درصد شکستگی برنج اصفهان در فرآیند تبدیل و خواص مکانیکی آن. پنجمین کنگره ملی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.

٣. مینائی، س.، غ، روحی و م. ر. علیزاده، ١٣٨٤. بررسی عوامل موثر بر ایجاد ترک و خرده برنج در اثر خشک‌کردن شلتوک طی فرآیند تبدیل. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ٦: ٩٧-١١٢.

٤. هدایتی پور، ا.، م. بهرامی و م. صفری، ١٣٨٤. تأثیر رطوبت زمان تبدیل شلتوک بر درصد برنج خرد در دو نوع سفیدکن سایشی و اصطکاکی، مجموعه مقالات دومین همایش بررسی ضایعات محصولات کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

5. Brooker, D. B., Bakker Arkema, W. & Hall, C. W. 1992. Drying and storage of grain and oilseeds. Van Nostrand Reinhold, INC., New York.

6. Cnossen, A. G., Siebenmorgen, T. J., Reid J. D. &. Perdon, A. A. 1998. Characteristics of rough rice during tempering. Paper No. 98-6033. St. Joseph, Mich. ASAE.

7. Cnossen, A. G. & Siebenmorgen, T. J. 2000. The glass transition temperature concept in rice drying and tempering: effect on milling Quality. Transactions of the ASAE. 43, 1661-1667.

8. Cnossen, A. G., Siebenmorgen, T. J. & Yang, W. 2002. The glass transition temperature concept in rice drying and tempering: effect on drying rate. Transactions of the ASAE. 45, 759-766.

9. Jia, C. C., Sun, D. W. & Cao, C. W. 2000. Mathematical simulation of stresses within a corn kernel during drying. Drying Technology. 18, 887-906.
10. Siebenmorgen, T. J., Yang, W. & Sun, Z. 2004. Glass transition temperature of rice kernels determined by dynamical thermal analysis. Transactions of the ASAE. 47, 835-839.
11. Yan, T. Y., Hong, J. H. & Chung, J. H. 2005. An Improved Method for the prediction of white embryo in a vertical mill. Biosystems Engineering. 49, 303- 309.

Rice degree of milling affected by various conditions of drying and tempering

Abstract

In this research, two rice verieties namely, Shafagh (long-grain) and Sazandegi (medium-grain) were dried under high (air temperature and relative humidity of 60°C and 17%) and low (air temperature and relative humidity of 40°C and 12%) drying conditions at four varoius durations of 1.5, 3, 4.5 and 6 percentage point moisture content removal (PPMR) in the first pass of drying. Immidiately after drying, the tempering operation was performed at the same temperature of drying in sealed bags at seven durations of 0, 40, 80, 120, 160, 200 and 240 min. Finally, all samples were dried to 12.5% (w.b.) moisture content as the second drying pass. After hulling and whitening, the mass degree of milling (DOM_M) index and the optical degree of milling determined by a milling meter (DOM_{MM}) were measured and statistically compared for each sample. The experiments were conducted in factorial split with a completely randomized design with two replications. The effects of error sources and their interactions were significant on both DOMs. The results revealed that both Shafagh and Sazandegi samples dried under low condition, the tempering operation had not a significant effect on DOM_M and DOM_{MM}. But reduction of rice kernels moisture content under high drying condition indicated that when 6 PPMR and appropriate tempering duration, faster drying operation along with achieving high quality white rice could be possible. So that, for Sazandegi and Shafagh varieties after 6 PPMR in the first drying pass for the highest DOM_M, 240 and 200 min tempering and for the maximum DOM_{MM}, 160 and 240 min tempering could be applied, respectively.

Keywords: Degree of milling, Drying, Head rice yield, Tempering, Variety