نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

اثرات شرایط خشک کردن بر خواص مکانیکی شلتوک نیم پخت شده

ماندانا محفلی[۱*]، آذر خدابخشی[٤]، علی اصغر زمردیان[۲]، سید مهدی نصیری[۳]، مهدیه ابوالحسنی زراعتکار[۱]
۱ و ۲ و۳ و ٤ – به ترتیب فارغ التحصیلان کارشناسی ارشد و استاد و استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
ایمیل مکاتبه کننده: bahar_narenj_262@yahoo.com

چکیده

اثرات دو روش خشک کردن خورشیدی و پیوسته تحت دماهای ۳۵، ٤۰ و ٤۵ درجه سانتی گراد بر میزان عملکرد برنج سالم و درصد دانه¬های شکسته، در شلتوک نیم پخت شده رقم هاشمی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در روش خشک کردن پیوسته نسبت به روش خشک کردن خورشیدی مقاومت خمشی دانه بیشتر بوده و عملکرد برنج سالم بیشتری مشاهده شد. در پارامترهای اندازه گیری شده از نظر شرایط خشک کردن بر خصوصیات مکانیکی دانه، تاثیر تفاوت سطوح دمای هوای خشک کردن و نوع خشک¬کن بر عملکرد برنج سالم و نیروی شکست شلتوک معنی دار بود ($p < 0.05$). در هردو روش خشک کردن بیشترین عملکرد برنج سالم و مقاومت خمشی دانه را در دمای هوای خشک کن ۳۵ درجه سانتی گراد شاهد بودیم. نتایج نشان داد نیم پخت کردن تاثیر مطلوب بر افزایش عملکرد برنج سالم و همچنین کاهش درصد ترک دارد.

واژه‌های کلیدی: خشک کن پیوسته، خشک کن خورشیدی، دمای هوای خشک کننده، نیم پخت کردن، نیروی شکست

مقدمه

نیم پخت کردن، در روش آبی- حرارتی با هدف بهبود کیفیت آسیابانی، ویژگی‌های تغذیه‌ای و خواص دانه برنج انجام می¬شود. علاوه بر این، این روش عملکرد بالاتر برنج سالم و کاهش نرخ تولید دانه‌های شکسته را به دنبال دارد. تغییرات فیزیکی و شیمیایی در طول فرایند نیم پخت کردن باعث ژلاتینه شدن نشاسته در دانه برنج شده و ثبات بهتر و سختی بیشتری را در دانه فراهم می‌آورد، به نحوی که در طی مرحله آسیابانی ، عملکرد برنج سالم بیشتری را شاهد بوده‌ایم و در مرحله صیقلی کردن باعث کاهش از دست رفتن مواد مغذی آن می‌شود (Bhattacharya, 1985). فرآیند نیم پخت کردن به منظور بهبود کیفیت دانه برنج به یکی از گسترده ترین صنایع مواد غذایی در جهان تبدیل شده است (Bhattacharya, 1990). این فرآیند شامل سه مرحله خیساندن، بخاردهی و خشک کردن می‌باشد.

خیساندن: مرحله اول خیساندن برنج است که در آن آب به آرامی در داخل دانه گسترش می‌یابد. هنگامی که دمای آب موجود به حد کافی بالا باشد، نشاسته موجود در اندوسپرم تحت یک واکنش ژلاتینه شدن اولیه قرار می¬گیرد. در طول این واکنش، گرانول¬های نشاسته گسترش یافته و بدنه پروتئین در آندوسپرم متلاشی می¬شود، و گرانول ها به طور کامل در هم قفل و فشرده شده و یک انسجام قوی بین آنها ایجاد می‌شود (Tester and Morrison, 1990). برنج در طی فرایند خیساندن مرطوب می شود. معمولا استفاده از آب گرم در طی این فرآیند باعث افزایش نفوذ آب به داخل دانه برنج استفاده می شود (Velupillai and Verma, 1982).این عمل باعـــث می¬شود مواد نشاسته ای گرانوله به اندازه کافی برای ژلاتینه شدن، متورم شوند و فضای خالی دانه را اشغال کنند .

بخاردهی: در مرحله بخار دهی برنجی که قبلاً خیسانده شده در طی مدت زمان معین در بخار داغ قرار داده می شود، آنچنان که نشاسته‌ی موجود در داخل دانه‌ی برنج ژلاتینه شود(Nawab, and Pandya, 1974).

خشک کردن: پس از دو مرحله فوق برنج خشک می شود. روش خشک کردن عامل کلیدی مؤثر بر کیفیت آسیابانی برنج است (Bhattacharya and Indudhara Swamy, 1967). چندین روش برای خشک کردن برنج نیم پخت شده مورد استفاده قرار گرفته است از جمله خشک کردن خورشیدی ، خشک کردن با هوای گرم ، خشک کردن با خلاء و خشک کردن با بخار فوق گرم (Bhattacharya, 1985; Soponronarit et al, 2004; Taechapairoj et al, 2004) طبق تحقیقات انجام شده بر روی اثر روش‌های مختلف خشک کردن بر مصرف انرژی و خصوصیات آسیاب کردن شلتوک، نتایج نشان داد که پارامترهای کیفی برنج (درصد ترک و راندمان برنج کل و سالم) در خشک کردن شلتوک به صورت پیوسته با هوای گرم نسبت به دو روش خشک کردن خورشیدی مختلط و غیر مستقیم بهبود می‌یابد. در مجموع روش خشک کردن پیوسته با ایجاد تناوب‌های گرما دهی و استراحت‌دهی به شلتوک موجب حفظ بهتر خصوصیات کیفی در مرحله خشک کردن می‌شود (Nassiri and Etesami, 2011). همچنین در بررسی های انجام شده بر روی سرعت خشک شدن و کیفیت دو نوع برنج نیم پخت شده که توسط دو روش هوای داغ و مادون قرمز ، خشک شدند، پس از مطالعه و مقایسه اثرات خشک کردن با استفاده از دو منبع مختلف خشک کردن به بررسی ویژگی‌های کششی و فیزیکی برنج نیم پخت شده دانه متوسط رقم (Leb Nok Pattani) و دانه بلند رقم (Suphan Buri1) پرداخته شد. در تعیین کیفیت نمونه های خشک شده ی برنج نیم پخت شده تحت دو منبع حرارتی مختلف این‌طور نتیجه¬گیری شد که هر دو روش خشک کردن می‌تواند سفید شدن و عملکرد برنج سالم بالا را در دو نوع برنج حفظ کند. همچنین معلوم شد که خشک کردن توسط مادون قرمز در دوره‌ی کوتاه‌تری انجام می‌پذیرد و در مقایسه با هوای گرم معمولی مصرف انرژی کمتری دارد. نتایج پژوهش نشان داد که خشک کردن مادون قرمز روش کارآمدی برای خشک کردن برنج رطوبت بالا و بهبود کیفیت فیزیکی برنج است(Bualuang et al, 2011). در مطالعات دیگر انجام شده بر بروی برنج نیم پخت شده، کیفیت برنج از نظر عملکرد برنج سالم و شاخص قهوه‌ای شدن مورد بررسی قرار گرفت. خشک کردن در دو مرحله با یک دوره استراحت دهی بین مراحل خشک کردن انجام شد. تیمار خشک کردن شامل درجه حرارت هوا، مدت زمان حرارت دهی و سطح رطوبت اولیه برای عملیات حرارتی بود. مشاهده شد که دما یک تاثیر منفی رو عملکرد برنج سالم داشت در حالی که مدت زمان حرارت دهی تاثیر مثبت روی آن داشت (Elbert et al, 2001).

نیم پخت کردن باعث تغییرات بسیاری در ترکیبات دانه می‌شود که آن را به دانه، با خواص متمایزی تبدیل می‌کند. از جمله ترک و گچی شدن هسته را در طول پخت و پز بهبود می‌بخشد به طوری که امکان شکستگی برنج در طول فرآیند آسیابانی برنج نیم پخت شده، به طرز چشمگیری کاهش می یابد. ویتامین ها و مواد معدنی به راحتی در طول فرآیند آسیابانی از بین نمی‌روند که در این صورت آن را تبدیل به یک ماده مغذی برتر می‌کند (Bhattacharya, 2011). یکی از مهمترین مراحلی که شلتوک بایستی قبل از هر فرآیند دیگری از آن بگذرد مرحله‌ی خشک کردن است. نحوه‌ی خشک کردن بر کیفیّت محصول تأثیر دارد و طی خشک کردن ، دما و رطوبت در دانه تغییر می‌کند (رفیعی، ش.، و طباطبائی فر، ۱۳۸٤ Henderson and Pabis, 1962;) . زمانی که دانه برنج تحت تاثیر دمای زیاد قرار می‌گیرد شکست از قسمت داخلی مغز شروع شده و به صورت عمودی در طول محور دانه برنج گسترش پیدا می‌کند.این طور به نظر می‌آید که انتقال سریع رطوبت از مغز، باعث ایجاد تنش زیاد و شکست دانه می‌شود(Arora et al, 1973; Bautista and Siebenmorgen, 2011). بررسی اثر توام دما و زمان خشکاندن بر میزان ترک خوردگی نشان می‌دهد که این دو عامل بیش ترین اثر را بر ترک خوردگی نسبت به سایر پارامتر ها هم چون سرعت هوا، رطوبت اولیه محصول دارا می‌باشند (Mondoza and Rigor, 1983). به طوری که خشک کردن با درجه حرارت بالا در مدت زمان کوتاه باعث می‌شود که دانه‌ها بعد از خشک کردن سریعتر شکسته شوند، اما تعداد دانه‌های شکسته شده ممکن است کم باشد. خشک کردن به مدت طولانی با درجه حرارت یکنواخت باعث افزایش دانه‌های ترک خورده می‌شود اما زمان لازم برای ایجاد و گسترش این نوع ترک در برنج طولانی است (Sarker et al, 1996). همچنین تاثیر دما می تواند به نوع واریته برنج نیز بستگی داشته باشد (Mathews and spadaro, 1976). اما از آنجایی که شدّت تبخیر در سطح دانه در آغاز خشک کردن زیاد است و آب به هنگام تبخیر شدن به اندازه حاصل ضرب جرمش در گرمای نهان تبخیر ، گرما از سطح دانه می‌گیرد در نتیجه ، در ابتدای مرحله خشک کردن، دانه به جای آن که در اثر تبادل حرارت با عامل خشک کننده گرم شود دمایش کاهش می‌یابد به همین دلیل دمای هوای سطح دانه در چند ثانیه‌ی نخستِ خشک کردن به علّت خروج گرما به صورت گرمای نهان تبخیر نسبت به دمای مرکز کاهش می‌یابد که این کاهش دما در ثانیه‌های بعدی در مرکز دانه اثرمی‌کند و در چند ثانیه‌ی اوّل (کمتر از ۵۰ ثانیه) بین دمای سطح و مرکز دانه تفاوت دمای محسوس وجود دارد که باعث ایجاد شیب حرارتی و تنش حرارتی در دانه می‌شود (توکّلی هشتجین و همکاران، ۱۳۸۰). هدف از این تحقیق که برروی شلتوک نیم پخت شده رقم هاشمی انجام شد، بررسی و مقایسه تاثیر نوع خشک کن و دمای هوای خشک کننده بر نیروی شکست، درصد ترک و عملکرد برنج سالم در دو نوع خشک کن پیوسته و خورشیدی مختلط می‌باشد.

مواد و روش‌ها

رقم شلتوک

رقم مورد مطالعه در این تحقیق، رقم هاشمی که رقم رایج شلتوک در استان گیلان می‌باشد، همزمان با فصل برداشت از مرکز تحقیقات رشت تهیه شده و به منظور انجام آزمایشات تحت شرایط کنترل شده از نظر محیطی به محل آزمایش منتقل شد. کلیه آزمایش ها با محتوای رطوبت اولیه ۱۱/۳±۰/۵ درصد بر مبنای تر، پیش از نیم پخت کردن انجام شد (چابرا و

همکاران، ۱۳۸۵). به منظور اطمینان یافتن از رسیدن شلتوک به این درصد از رطوبت اولیه، تعیین رطوبت با استفاده از آون طبق استاندارد ASAE انجام شد (آشتیانی عراقی و همکاران، ۱۳۸۷).

نیم پخت کردن

نیم پخت کردن در سه مرحله خیساندن، بخاردهی و خشک کردن انجام شد. در این تحقیق به منظور انجام فرآیند نیم پخت کردن، روش خیساندن در آب داغ، بخاردهی در فشار اتمسفر و خشک کردن به دو روش خورشیدی مختلط و پیوسته، مورد استفاده قرار گرفت.

خیساندن

عملیات جذب کردن آب توسط ماده غذایی را به طور معمول تحت عنوان خیساندن می‌شناسند و براساس مکانیزم نفوذ صورت می‌گیرد. دانه‌های شلتوک تمیز شده، در مدت زمان یک ساعت خیسانده شد. به منظور حفظ دمای خیساندن طی مدت زمان یک ساعت، شلتوک همراه با آب ۷۰ درجه سانتی گراد در آون با دمای ثابت نگهداری شد. در این مرحله رطوبت شلتوک به ۰/۵±۲۹/۵ درصد (بر مبنای تر) رسید.

بخار دهی

بخار برای تکمیل عملیات ژلاتینه شدن مورد استفاده قرار گرفت. همچنین بخار داغ با افزایش میزان رطوبت در دسترس به شکل کندانس شده، سبب کاهش میزان رطوبت شلتوک نیز نمی‌گردد. در این تحقیق به منظور تعیین بهترین شرایط برای بخاردهی نمونه‌ها پس از خیساندن به مدت ۱۰ دقیقه تحت فشار اتمسفر بخاردهی شدند. یک دیگ بزرگ به منظور به دست آوردن بخار اشباع، تا نیمه از آب پر شده و پس از رسیدن آب به نقطه جوش و تولید بخار، شلتوک‌های خیسانده شده در ظرف‌های مشبک مخصوصی به صورت لایه نازک به ضخامت لایه ۲/۵ سانتی متر و به صورت یکنواخت پهن شده و بر روی سه پایه ای در داخل دیگ قرار گرفت. از ظرف مشبک به این منظور استفاده شد که شلتوک ها از همه جهات به طور یکنواخت بخاردهی شوند. سپس ظرف مشبک حاوی شلتوک طوری بر روی سه پایه داخل دیگ قرار گرفت که فاصله آن از سطح آب حفظ شود و تنها در معرض بخار اشباع قرار بگیرد و به هیچ وجه در تماس با آب نباشد. سپس درب ظرف بصورت کاملا عایق نسبت به محیط بسته شد.

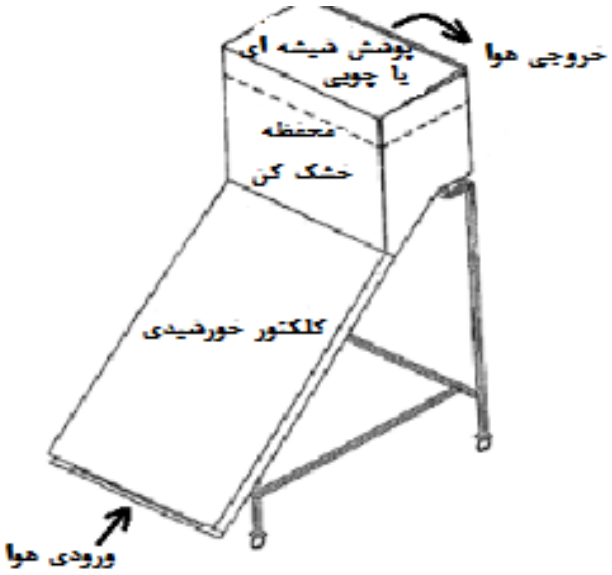
خشک کردن

خشک کردن شلتوک، با هدف بررسی تاثیر شرایط خشک کردن بر نیروی شکست شلتوک و عملکرد برنج سالم، با استفاده از دو نوع خشک کن پیوسته و خورشیدی مختلط به روش لایه نازک در سه سطـح دمای هوای ورودی ۳۰، ٤۰ و ٤۵ درجه سانتی گراد طی دو مرحله انجام شد و بین دو دوره‌ی خشک کردن، مرحله استراحت‌دهی انجام شد. در مرحله اول شلتوک‌ها تا رسیدن به محتـوای رطوبت ۲۰–۱۸ درصد بر مبنای تر خشک شدند و سپس پس از استراحت دهی، در مرحله دوم خشک کردن رطوبت نهایی به ۰/۵±۱۱/۵درصد رسید. مدت زمان استراحت دهی برای هر تیمار به میزان ۷ برابر مدت

زمان خشک شدن در مرحله اول در نظر گرفته شد (Aquerreta *et al*, 2007). استراحت دهی برنج به این دلیل انجام می‌شود که شلتوک در روند دفع رطوبت با داشتن فرصت کافی در انتشار و به تعادل رساندن دما و رطوبت سطحی و میان بافتی دانه، از ایجاد تنش خمشی در آن به مقدار قابل توجهی جلوگیری می‌شود. متغیر سرعت هوای ورودی به خشک کن و عمق بستر در هر دو نوع خشک کن به طور یکسان ثابت در نظر گرفته شد. نمونه شاهد از دانه‌هایی که تحت تیمار نیم پخت کردن قرار نگرفته بودند، به منظور مقایسه با تیمار نیم پخت کردن از نظر نیروی شکست، عملکرد برنج سالم و درصد ترک، در شرایط مشابه تحت تیمار خشک کردن قرار گرفت.

خشک کن خورشیدی مختلط

در این روش تابش خورشید بر سطح صفحه جاذب خشک کن باعث گرم شدن هوای ورودی از سمت دمنده شده و با ورود بر بستر محصولی که در معرض نور مستقیم خورشید و جریان هوای گرم است، موجب خشک شدن دانه‌ها می‌شود. جمع کننده[1] خورشیدی در این دستگاه به صورت صفحه تخت و به ابعاد ۵۵×۱۵۰ (سانتی متر مربع) طراحی شده بود. زاویه جمع کننده نسبت به افق (٤۵ درجه) بود. بستر بذر شامل قاب چوبی کوچکی به ابعاد (۱۲/۸×۱۲/۸) و با ارتفاع ۲/۵ سانتی متر بود که در قسمت زیرین یعنی محل قرار گرفتن شلتوک‌ها توری فلزی متناسب با اندازه دانه‌ها از اطراف به آن متصل و کاملا درزگیری شده بود تا هوای گرم ورودی تنها به بستر بذر نفوذ کرده و از اطراف هدر نرود. قاب به صورت مسطح نسبت به خط افق و عمود بر جهت جریان هوای گرم ورودی قرار گرفته بود (شکل ۱).



شکل ۱– طرح واره ای از شاسی اصلی خشک کن خورشیدی

استفاده همزمان از انرژی مستقیم خورشید و هوای گرم که به طور غیر مستقیم از انرژی خورشید برای گرم کردن آن استفاده می‌شود باعث صرفه جویی در مصرف انرژی به میزان زیادی خواهد شد و مدت زمان خشک کردن محصول کاهش

[1] Collector

می‌یابد. تغییر دمای هوای ورودی به خشک کن با قابلیت تغییر سطح موثر صفحه جاذب آن که در معرض نور خورشید قرار داده شده بود انجام پذیرفت و به این ترتیب با افزایش و یا کاهش (پوشاندن قسمتی از) سطح موثر صفحه جمع کننده که در معرض اشعه خورشید قرار داشت تغییرات سطوح دما در هر یک از تیمارها (۳۵، ٤۰ و ٤۵ درجه سانتی گراد) با انحراف معیار ۱/۵± درجه سانتی گراد بدست آمد (شکل ۱). برای انجام کلیه آزمایشات که در آن تیمار خشک شدن شلتوک با استفاده از خشک کن خورشیدی فعال انجام پذیرفت نیاز به اندازه گیری تشعشع یا میزان انرژی تابشی خورشید بود. به طور معمول اندازه گیری انرژی تابشی خورشید توسط شید سنج[۲] انجام می‌شود. سه دماسنج جیوه ای معمولی که به طور مداوم درست در زیر بستر بذر در نقاط مختلف با فواصل مشخص و در انتهای مسیر هوای گرم ورودی از سمت دمنده قرار داشتند، برای اندازه‌گیری دمای هوای ورودی به خشک کننده، استفاده شد. درجه حرارت هوای ورودی در فواصل زمانی مشخص از روی آنها قرائت و ثبت شد. علاوه بر این از دماسنج دیجیتال ساخت شرکت تستو به طور همزمان نیز استفاده شد.

شکل۲– خشک کن خورشیدی فعال مختلط

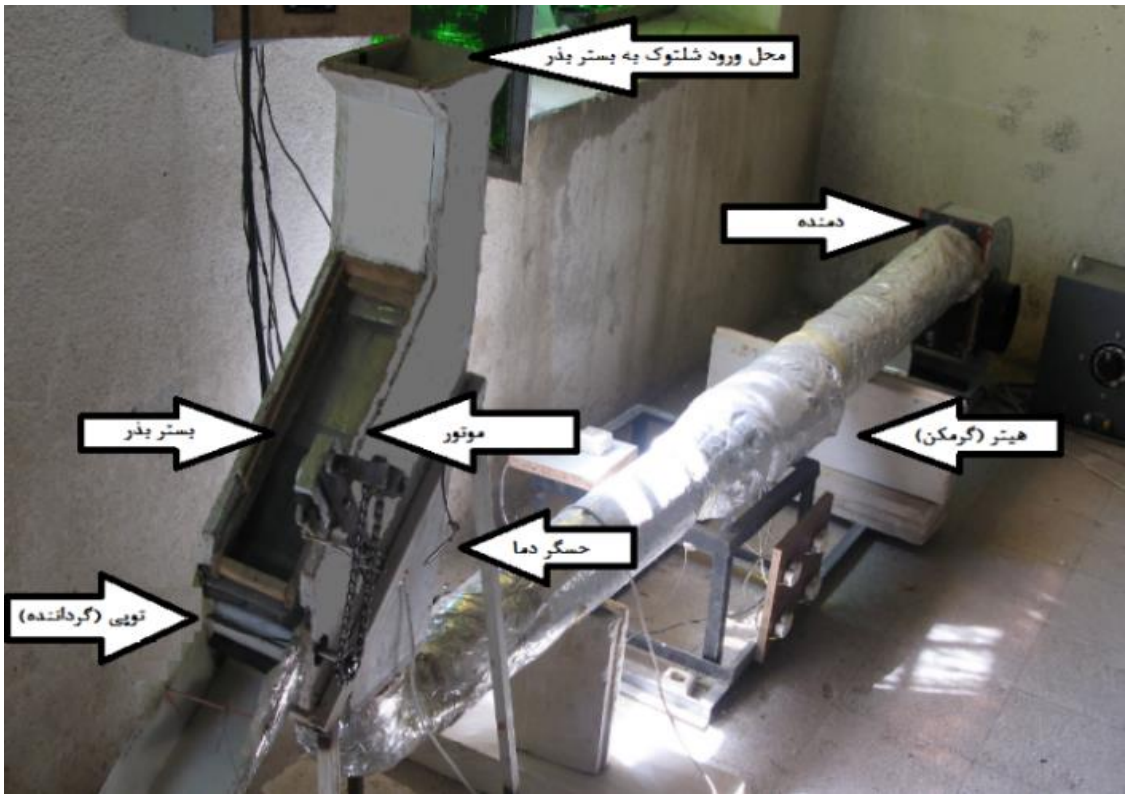
طریقه خشک کردن بذر در خشک کن خورشیدی فعال مشابه با خشک کن پیوسته به صورت لایه نازک (با ارتفاع بستر ۲/۵ سانتی متر) بود. برای انجام آزمایش‌ها در هر تیمار به میزان ۲۸۰ گرم شلتوک نیم پخت شده بر روی سینی مخصوص بذر قرار گرفته و در فواصل زمانی مشخص پس از هر مرتبه خشک شدن توزین شد. شلتوک ها در سه دمای ۳۰، ٤۰ و ٤۵ درجه مشابه شرایط آزمایش در خشک کن پیوسته خشک شدند. در مرحله اول پیش از استراحت دهی شلتوک ها تا

[2] Solarimeter

محتوای رطوبت ۲۰–۱۸ درصد (بر مبنای تر) خشک شده و پس از آن در مرحله دوم پس از استراحت دهی رطوبت شلتوک‌ها به ۱۱/۵ درصد (بر مبنای تر) رسید.

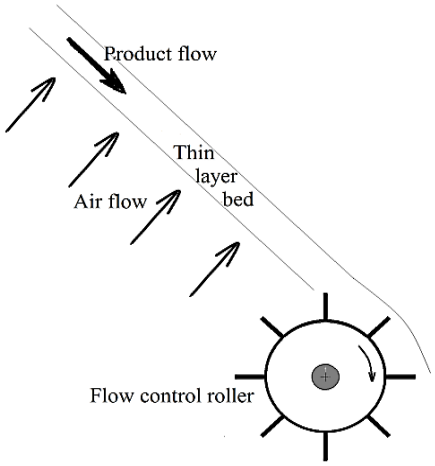
خشک کن پیوسته

در این نوع خشک کن (شکل ۳) از یک شاسی و موتور کوچک به منظور ایجاد یک بستر کاملا پیوسته برای خشک کردن محصول استفاده شد. برای خشک کردن محصول با هوای گرم، وجود یک فن گریز از مرکز برای دمیدن هوا بر بستر محصول ضروری بود. هوای ورودی از سمت دمنده پس از گذشتن از یک گرمکن الکتریکی که درجه حرارت تولید شده آن بوسیله یک ترموستات تنظیم می‌شد، بر بستر محصول که با شیب ٤٥ درجه نسبت به افق بر روی شاسی اصلی تعبیه شده بود، جریان داشت. دهانه ورودی هوا به سمت بستر به گونه ای ساخته شد که هوا به طور عمود بر بستر محصول دمیده می‌شد. حسگر متصل به دستگاه برای تعیین درجه حرارت هوای ورودی مورد استفاده قرار گرفت. محل نصب حسگر از طریق دهانه ای که دقیقا در زیر بستر محصول تعبیه شده بود، در انتهای مسیر هوای ورودی به بستر قرار داشت.



شکل ۲– خشک کن پیوسته

اصلی ترین قسمت دستگاه، توپی (گرداننده) کنترل کننده دبی جریان جرمی محصول بود که از یک استوانه از جنس تفلون با ۸ پره پلاستیکی در اطراف آن تشکیل شده بود. پره های توپی، عمود بر مسیر جریان قرار می‌گرفتند (شکل ٤).



شکل ٤- طرحواره‌ای از بستر بذر و توپی گرداننده خشک کن پیوسته

چون خشک کردن به صورت لایه نازک مورد نظر بود بنابراین بستر محصول توسط دو توری فلزی مناسب با اندازه دانه ها، به ارتفاع بستر ۲/۵ سانتی متر محصور شد. هوای خشک کننده در جهت عمود بر جهت جریان محصول عبور می‌کرد. در هر تیمار ۲۸۰ گرم شلتوک وارد دستگاه شد. محفظه این خشک کن دارای ظرفیت ۲۸۰ گرم به صورت ثابت بوده و شلتوک با نرخ ٤۲۰ گرم بر دقیقه از آن عبور می کرد. با این طراحی در هر بار تخلیه از محفظه اندازه گیری رطوبت شلتوک انجام شد. مواد تخلیه شده حاصل از چرخش دریچه به صورت دستی مجدا مخزن ورودی برای ادامه خشک شدن منتقل شد. محصول تا رسیدن به رطوبت مناسب برای انجام فرآیند استراحت دهی (۰/۵±۲۰-۱۸) درصد بر مبنای تر)، به طور مکرر از دریچه ورودی محصول که در قسمت بالایی بدنه خشک کن تعبیه شده بود، وارد دستگاه شده و پس از خروج به طور مرتب توزین شد. در مرحله دوم عملیات خشک کردن تا رسیدن به محتوای رطوبت نهایی ۰/۵±۱۱/۵ درصد بر مبنای تر ادامه داشت.

پوست کنی و سفید کردن شلتوک

برای پوست کنی شلتوک از یک دستگاه پوست‌کن آزمایشگاهی از نوع غلتکی لاستیکی و به منظور برداشتن سبوس برنج قهوه‌ای از یک دستگاه صیقل دهنده دانه ساخت شرکت کت[3] ژاپن، استفاده شد. از نمونه‌های برنج شاهد و نیم پخت شده در هر تیمار حدود ۵۰ گرم برنج قهوه‌ای به مدت ۱۵ ثانیه سبوس زدایی شد.

ترک بینی

درصد ترک‌های ایجاد شده در دانه‌ها پس از خشک کردن با استفاده از دستگاه ترک بین تعیین شد. بدین منظور از هر تیمار در سه تکرار، ۵۰ دانه برنج به طور تصادفی جدا شده و پس از پوست گیری روی صفحه ترک بین قرار داده شد و درصد دانه‌های ترک دار محاسبه و میانگین‌گیری شد.

[3] Kett

تعیین انرژی شکست و عملکرد برنج سالم

عملکرد برنج سالم

بر حسب درصد وزنی دانه‌های برنج سالم آسیاب شده به شلتوک اولیه، محاسبه شد. نمونه برداری و محاسبه این پارامتر در سه تکرار انجام شد و میانگین داده ها محاسبه شد.

نیروی شکست

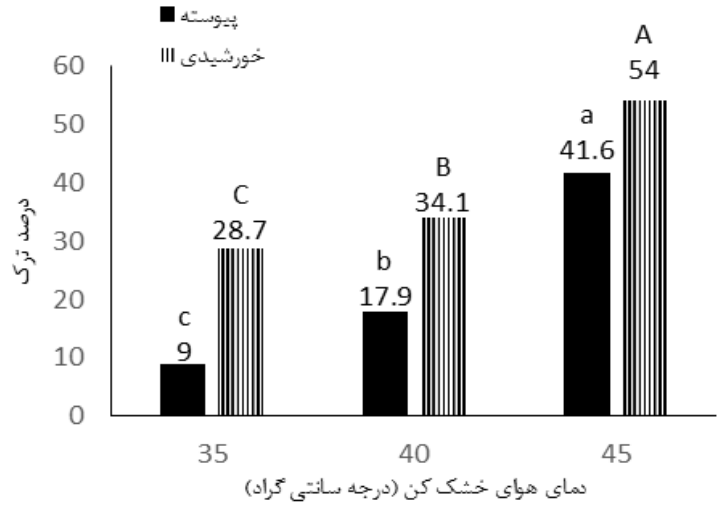
طبق تحقیقات انجام گرفته بر روی خواص مکانیکی، استحکام کششی و استحکام خمشی، معیار مناسبی جهت اندازه‌گیری عملکرد برنج سالم می‌باشند (Lu and Siebenmorgen, 1995). از سوی دیگر به دلیل سختی انجام آزمون مقاومت به کشش برای دانه برنج، بهترین گزینه برای انجام آزمایشات آزمون خمشی است (Zhang et al, 2005). بدین منظور از آزمون خمش سه نقطه استفاده شد. بدین منظور از یک دستگاه آزمون چند منظوره SANTAM STM – 20 ساخت ایران استفاده شد. حداکثر سرعت بارگذاری توسط این دستگاه ٦٥٠ میلی متر بر دقیقه بود. ۱۰۰ دانه شلتوک به طور تصادفی انتخاب و پس از پوست گیری، بارگذاری بر روی دانه برنج توسط فک تیغه ای دستگاه اعمال گردید. سرعت بارگذاری ۰/۵ میلیمتر بر ثانیه انتخاب گردید (Siebenmorgen et al, 2005). بیشینه نیروی شکست قرائت شد. ثبت و ذخیره داده‌های خروجی بوسیله نرم افزار دستگاه صورت گرفت. داده‌های بدست آمده از هر نمونه ثبت و در طرح فاکتوریل در قالب طرح‌های کاملا تصادفی و همچنین آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد به کمک نرم افزار آماری(SPSS Version 16.0)، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت با استفاده از دستگاه آزمون چند منظوره، نقطه شکست ۱۰۰ دانه پوست گیری شده در هر تیمار، تحت تنش خمشی، به دست آمده و نتایج مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به منظور تعیین درصد خرده برنج ابتدا ۱۰۰ گرم برنج سفید توسط دستگاه پوست گیر از نوع غلتکی لاستیکی پوست گیری شده و سپس به منظور جداسازی خرده برنج از برنج سالم، الک و سپس توزین شد و درصد برنج سالم تعیین گردید. نتایج بدست آمده از هر نمونه ثبت شد و به روش فاکتوریل و همچنین آزمون مقایسه میانگین ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد به کمک نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

مقایسه درصد ترک در خشک کن های پیوسته و خورشیدی فعال مختلط

با توجه به نمودار مقایسه میانگین‌های درصد ترک (نمودار ۱)، نتایج نشان داد که اثر دمای هوای ورودی به خشک کن بر درصد ترک برنج نیم پخت شده در هر دو نوع خشک کن، در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار است. همچنین طبق نتایج به دست آمده در مقایسه میان دو نوع خشک کن خورشیدی و پیوسته از نظر درصد ترک نسبت به دمای هوای ورودی نتایج نشان داد در دانه هایی که توسط خشک کن خورشیدی مختلط خشک شده بودند نسبت به دانه های خشک شده در خشک کن پیوسته درصد بالاتری از ترک در هر سه دمای ورودی مشاهده شد. همچنین منطبق با تحقیقات اانجام شده، نتایج

حاصل از مقایسه نمودارها در دو نوع خشک کن، نشان می‌دهد که درصد ترک در دانه‌هایی که در خشک کن پیوسته خشک شده‌اند نسبت به خشک کن خورشیدی بهبود یافته است (Bhattacharya, 1985). خروج شلتوک از خشک کن در خشک کن پیوسته نسبت به خشک کن خورشیدی در فواصل زمانی کوتاه‌تری انجام می‌پذیرفت که این امر فرصت بیشتری را از نظر کم کردن گرادیان گرمایی و رطوبتی و درنتیجه کاهش استرس در اختیار دانه قرار می‌داد بدین طریق می‌توان کاهش اثرات سوء تنش های حرارتی و رطوبتی بر درصد ترک در دانه‌هایی که توسط خشک کن پیوسته خشک شدند مشاهده می‌شود.

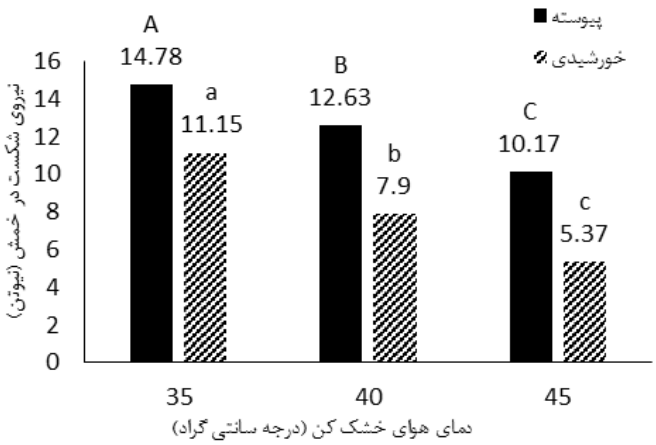


نمودار ۱– مقایسه درصد ترک نسبت به دماهای مختلف هوای ورودی به خشک کننده در دو نوع خشک کن

با کاهش دمای هوای ورودی درصد ترک به طور مطلوبی کاهش یافت و در دمای ۳۵ درجه کمترین درصد ترک دانه در هر دو نوع خشک کن مشاهده شد. طبق تحقیقات انجام شده در فرآیند خشک شدن محصول، سلولهای خارجی دانه با از دست دادن رطوبت چروکیده شده و کاهش حجم پیدا می‌کنند. لذا در این حالت قسمت‌های داخلی و مغز دانه دارای محتوای رطوبتی بالاتر نسبت به قسمت‌های سطحی می‌باشند. این پدیده منجر به ایجاد تنش کششی در سطح و تنش تراکمی در مرکز دانه می‌شود. ترک خوردن دانه هنگامی رخ می‌دهد که به عنوان مثال با افزایش دمای خشک کردن، تنش حاصل از تغییرات رطوبت در دانه از توان کششی آن تجاوز کند (Kunze and, Choudhury, 1972). افزایش دمای خشک کردن به دلیل خروج سریع رطوبت و عدم داشتن فرصت کافی در به تعادل رسیدن و انتشار رطوبت در پوسته و مغز دانه، منجر به افزایش تنش و در نتیجه افزایش درصد ترک در دانه می گردد.

نیروی شکست در خمش دانه

نتایج تجزیه واریانس نیروی شکست حاصل از آزمون خمشی به روش توکی و دانکن در تیمارهای مختلف دمای هوای ورودی به خشک کننده در خشک کن های پیوسته و خورشیدی فعال مختلط، وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد را میان دمای هوای خشک کن و نیروی شکست شلتوک، تایید نمود (نمودار ۲).

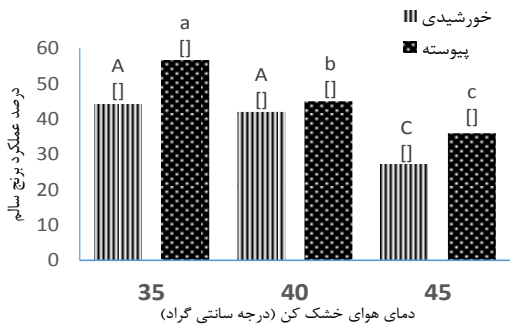


نمودار ۲– مقایسه میانگین نیروی شکست در خمش نسبت به دمای ورودی به خشک کن در دو نوع خشک کن

مطابق با نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه مشاهده شد که افزایش درصد دانه ترک خورده در یک نمونه با متوسط نیروی خمشی اندازه گیری شده نسبت عکس دارد به نحوی که با افزایش درصد ترک در یک نمونه میانگین نیروی خمشی کاهش می‌یابد. تحقیقات نشان داد که با افزایش دمای هوای ورودی به خشک کننده مقاومت دانه کاهش یافت و بهترین میانگین نیروی شکست در دمی ۳۵درجه به دست آمد. بعبارتی کاهش دمای خشک کردن به دلیل کاهش تنش‌های رطوبتی و حرارتی اعمال شده بر دانه طی فرآیند خشک شدن نمونه‌ها، افزایش استحکام نیرویی دانه برنج را در پی دارد [۲۸]. همچنین مقایسه نمودارهای مربوط به خشک کن‌های پیوسته و خورشیـدی نشان می‌دهد که خصوصیات مکانیکی دانه تحت تاثیر تابش مستقیم خورشید تضعیف شده است و در دانه‌های برنجی که توسط خشک کن خورشیدی مختلط خشک شدند نسبت به دانه‌های خشک شده در خشک کن پیوسته در کلیه تیمارها اثرات کاهش نیروی شکست در خمش با اختلاف معنی داری مشهود است. دلیل این امر با توجه به اعمال خودبخودی استراحت دهی های کوتاه مدت در فواصل بین توزین نمونه‌ها و به تعادل رسیدن مکرر رطوبت و دما در دانه‌ی خشک شده توسط خشک کن پیوسته و در نتیجه تسریع فرآیند خشک شدن محصول در این نوع خشک کن قابل توجیه است.

عملکرد برنج سالم

تاثیر دمـای هوای خشک کن بر عملکرد برنج سالم با آزمون F مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه مابین تیمارها با پس آزمون دانکن انجام شد. طبق نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که با افزایش دمای هوا متناسب با کاهش نیروی شکست، عملکرد برنج سالم کاهش می یابد (نمودار ۳). همانطور که پیش از این گفته شد مطابق با تحقیقات انجام شده در این زمینه افزایش درصد دانه ترک خورده در یک نمونه با متوسط نیروی خمشی اندازه گیری شده نسبت عکس دارد و با افزایش درصد ترک در یک نمونه میانگین نیروی خمشی کاهش می‌یابد (Nguyen and Kunze, 1984) . همچنین کاهش دمای هوای ورودی استحکام نیرویی دانه برنج را افزایش می‌دهد. در این تحقیق بیشترین عملکرد برنج سالم در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد مشاهده شد.

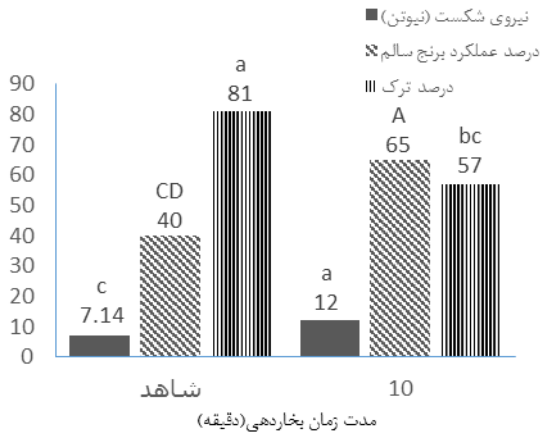


نمودار ۳– مقایسه عملکرد برنج سالم نسبت به دمای هوای خشک کن در دو نوع خشک کن

در مقایسه اثر روش خشک کردن نتایج نشان داد که خشک کردن شلتوک به صورت پیوسته با هوای گرم نسبت به روش خشک کردن خورشیدی مختلط موجب بهبود راندمان برنج سالم به ویژه در دمای ۳۵ درجه و در دوره‌ی بخاردهی ۱۰ دقیقه گردید. به این دلیل که در روش خشک کردن پیوسته در مدت زمان کمتری خشک شده، و کمتر تحت تاثیر تنش‌های حرارتی قرار گرفت و درنتیجه موجب بهبود راندمان برنج سالم شد(Nassiri and Etesami, 2011).

تاثیر نیم پخت کردن بر درصد ترک، انرژی شکست و عملکرد برنج سالم در مقایسه با شاهد

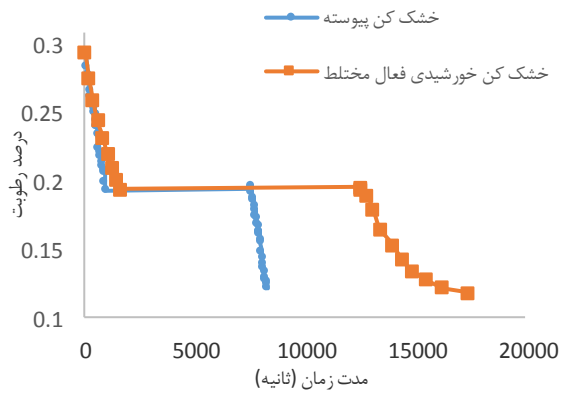
بررسی اثرات فاکتور بخاردهی بر نیروی شکست دانه درصد ترک و عملکرد برنج سالم حاکی از وجود اختلاف معنی دار در مقایسه بین تیمار بخاردهی با شاهد در هر دو نوع خشک کن بود. ارزیابی و مقایسه میانگین‌ها با پس آزمون دانت در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نتایج حاصل نشان داد که در تیمار بخاردهی گسترش و پخش مواد محلول در آب در داخل شلتوک که از زمان خیساندن شروع شده بود، ادامه یافته و بافت گرانولی آندوسپرم در حین ژلاتینه شدن حالت چسبناک به خود می گیرد و بنابراین استحکام خمشی و عملکرد برنج سالم بیشتری را در دانه فراهم آورده و از ایجاد ترک در عملیات فرآوری برنج جلوگیری می‌کند.



نمودار ٤– مقایسه نیروی شکست، عملکرد برنج سالم و درصد ترک نسبت به تیمار بخار دهی

مقایسه منحنی‌های دفع رطوبت شلتوک

نمودار ٤ مقایسه روند دفع رطوبت محصول را نسبت به زمان در دو نوع خشک کن پیوسته و خورشیدی فعال مختلط، در شرایطی نشان می‌دهد که شلتوک‌ها پس از تیمار بخاردهی در هر دو نوع خشک کن با دمای هوای ورودی ۳۵ درجه سانتی گراد، خشک شدند. در این نمودارها فرآیند استراحت دهی به صورت خط افقی صافی در بین منحنی های دو مرحله خشک شدن شلتوک ها در طی زمان ظاهر شده است. در مدت زمان استراحت دهی رطوبت و دما در سطح و بافت دانه ها به تعادل رسیده و از ایجاد تنش خمشی به میزان زیادی جلوگیری میکند. مدت زمان عبور محصول در هر بار گذشتن از بستر خشک کن توسط زمان سنج[4] به طور دقیق اندازه‌گیری و ثبت شد. مشاهده شد که فرآیند دفع رطوبت در هر دو دوره-ی خشک شدن (پیش و پس از استراحت دهی) در خشک کن پیوسته نسبت به خشک کن خورشیدی به طور قابل توجهی، در مدت زمان کمتری انجام شد و منحنی تغییرات محتوای رطوبت نسبت به زمان در خشک کن پیوسته با شیب بیشتری نسبت به خشک کن خورشیدی فعال مختلط ادامه یافت. این امر می‌تواند ناشی از اثر مضاعف حالت استراحت دهی‌های کوتاه مدت (که به طور مستقل از استراحت دهی بین دو مرحله اصلی خشک کردن انجام می‌شود) که به طور خودکار در فواصل عبور محصول از خشک کن بر دانه‌های شلتوک در این روش باشد. استراحت دهی از طرفی باعث افزایش مقدار عملکرد برنج سالم شده و از طرف دیگر امکان خشک شدن مقدار بیشتر محصول را فراهم می‌آورد چرا که برای خشک شدن در روش پیوسته همه محصول هم زمان هوادهی نمی‌شود بلکه مقداری از محصول در حال هوادهی و مقداری در حال استراحت دهی می‌باشد (Nassiri and Etesami, 2011).



نمودار ۵– مقایسه روند خشک شدن شلتوک در دو خشک کن خورشیدی مختلط و پیوسته دردمای ۳۵ درجه سانتی گراد

[4] Chronometer

از طرف دیگر دلیل آن را می‌توان به حالت گردشی محصول در بستر پیوسته نسبت داد که با حرکت محصول در زمانی که همچنان در حال عبور از خشک کن است دانه‌ها با چرخش و لغزش خود شانس خود را برای هوادهی از تمام جهات افزایش می‌دهند و امکان تسریع فرآیند خشک شدن را نسبت به حالت پایدار خود در بستر ثابت خشک خورشیدی فراهم می‌آورند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد اثر شرایط خشک کردن بر خواص فیزیکی و مکانیکی که مورد بررسی قرار گرفته، معنی دار بود. همچنین مشاهده شد نیم پخت کردن تاثیر مثبت بر افزایش نیروی شکست در خمش و راندمان برنج سالم و کاهش درصد ترک دارد. بهترین دما به منظور افزایش راندمان برنج نیم پخت شده سالم و نیروی شکست در شلتوک رقم هاشمی، دمای هوای ۳۵ درجه سانتی گراد بود و به طور کلی مشاهده شد که در دانه‌هایی که به روش خورشیدی مختلط خشک شده بودند در هر سه دما نسبت به خشک کردن به روش پیوسته درصد ترک بیشتر شده و نیروی شکست و همچنین راندمان برنج سالم کاهش یافت.

منابع و مآخذ

۱. آشتیانی عراقی، ه. صادقی، م. همت، ع. ۱۳۸۷. تاثیر رطوبت بر برخی مشخصه‌های فیزیکی دو رقم شلتوک رایج در استان اصفهان. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲. توکّلی هشتجین، ت. رفیعی، ش. خوش تقاضا، م. ه. ۱۳۸۰. بررسی دمای دانه شلتوک برنج سپیدرود در طی فرآیند خشک شدن. مجلّه دانش کشاورزی. دوره ۱۳(۲). ۱-۱۲.

۳. چابرا، د. کاشانی نژاد، م. رفیعی، ش. ۱۳۸۵. نقش پاربویلینگ در کاهش ضایعات برنج. شانزدهمین کنگره ملی صنایع غذایی ایران، گرگان.

٤. رفیعی، ش. طباطبائی فر، ا. ۱۳۸٤. تأثیر عمق خشک کن نوع خوابیده بر ضایعات حاصل از عملیّات فرآوری شلتوک برنج . مجموعه مقالات بررسی ضایعات محصولات کشاورزی. ٤۸۳-٤۹۰.

5. Arora, V.K.S. Henderson, M. & Burkhardt, T.H. 1973. Drying cracking versus thermal and mechanical properties. Transactions of the ASAE 16, 320-327.

6. Aquerreta, J., Iguaz, A., Arroqui, C., Virseda, p. 2007. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. Journal of Food Engineering, 80(2), 611-618.

7. Bautista, R.C. & Siebenmorgen, T.J. 2011. Fissure formation in brown rice kernels observed with a video microscopy system. AAES Research Series, 224-237.

8. Bhattacharya, K. R. & Indudhara Swamy, Y.M. 1967. Conditions of drying parboiled Paddy for optimum milling quality. Cereal Chemistry, 44, 592–600.

9. Bhattacharya, K.R. 1985. Parboiling of rice. In B.O. Rice: Chemistry and Technology, 289–348.

10. Bhattacharya, K. R. (1990). Improved parboiling technologies for better product quality. Indian Food Industry, 9(5), 25–26.

11. Bhattacharya, K.R. (2011). Effect of parboiling on rice quality. Rice quality: a guide to rice properties and analysis, 247-297.
12. Bualuang, O. Tirawanichakul, S. and Tirawanichakul, Y. 2011. Study of Drying Kinetics and Qualities of two Parboiled rice: Hot Air and Infrared Radiation. TIChE International Conference, Thiland. Paper ID, ee010.
13. Elbert, G. Tolaba, P. & Suarez, C.M. 2001. Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. Journal of Food Engineering, 47, 37-41.
14. Henderson, S. M. & Pabis, S. (1962). Grain drying theory: IV. The effect of air flow rate on the drying index. Journal of Agricultural Engineering Research, 7(2), 85-89.
15. Kunze, O. R. & Choudhury, M. S. U. 1972. Moisture adsorption related to the tensile strength of rice. Cereal Chemistry, 49, 684-696.
16. Lu, R. & Siebenmorgen, T.J. 1995. Correlation of HRY to selected physical and mechanical properties of rice kernels. Transactions of the ASAE, 38, 889-894.
17. Mathews, J.J. & spadaro, J. 1976. Breakage of long–grain rice in relation to kernel Thickness. Journal of creal chemistry, 53, 13–19.
18. Mondoza, E.E. & Rigor, A.C. 1983. Quality deterioration in on-farm level of operation.
19. Nassiri, S. M. & Etesami, S. M. 2011. The Best Method for Rough Rice Drying Based on Operational Energy and Head Rice Yield Quality. Journal of Agricultural Machinery Science, 7, 339-345.
20. Nawab, A. & Pandya, A.C. 1974. Basic concept of parboiling of paddy. Journal of Agricultural Engineering Research, 19(2), 111-115.
21. Nguyen, C.N. & Kunze, O.R. 1984. Fissures relates to post-drying treatment in rough rice. Cereal Chimestry, 61, 63-68.
22. Sarker, N.N. Kunze, O.R. & Strouboulis, T. 1996. Transient moisture gradients in rough rice mapped with finite element model end related to fissures after heated air drying. Transactions of the ASAE, 39, 625-631.
23. Siebenmorgen, T. J. Qin, G. & Jia, C. (2005). Influence of drying on rice fissure formation rates and mechanical strength distributions. Transections-American Society of Agricultural Engineers, 48(5), 1835.
24. Soponronarit, S. Taechapairoj, C. & Prachayawarakorn, S. (2004). New technique producing parboiled rice. The Journal of the Royal Institute of Thailand, 29(1), 78–86.
25. Taechapairoj, C. Prachayawarakorn, S. & Soponronarit, S. 2004. Characteristics of rice dried in superheated steam fluidised bed. Drying Technology, 22(4), 719–743.
26. Tester, R. F. & Morrison, W. R. (1990). Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. Cereal Chemistry, 67, 551–557.
27. Velupillai, L. & Verma, L.R. 1982. Parboiled rice quality as affected by the level and distribution of moisture after the soaking process. Transactions of the ASAE, 55, 1450–1456.
28. Zhang, Q. Yang, W. & Sun, Z. 2005. Mechanical Properties of Sound and Fissured Rice kernels and their Implications for Rice Breakage. Journal of Food Engineering, 68, 65-67.

Drying condition effects on the mechanical properties of parboiled Paddy

Abstract

Drying conditions in relation to head rice yield and broken kernels for parboiled rough rice of Hashemi cultivar were investigated. Drying process was carried out using two driers techniques, solar and continuous, at three drying air temperatures of 35, 40 and 45○C. it was found that parboiled rice dried by continuous provided higher head rice yield and was stronger (bending strength) than that dried by solar dryer. The valuations in drying air temperature showed a significant effect on head rice yield and bending strength. In both drying techniques the higher H.R.Y performance was appeared at 35○c drying air temperate. The results showed that parboiling has a positive influence on head rice yield and decreasing of broken kernels.

Keywords: Bending strength, Continues dryer, Parboiling, Solar dryer, air drying Temperature.