بررسی و مطالعه چگونگی افزایش ترک و کاهش راندمان برنج کامل در مدت زمان ای مختلف بعد از پروسه خشک کردن(۶۰۱)

جعفر هاشمی[۱] ، رضا طباطبایی[۱] ، ناوتو شیمیزو[۲] ، و توشینیرو کیمورا [۳]

چکیده

اثر درجه حرارت های مختلف، میزان رطوبت نهایی پایین، و مدت زمان بعد از پروسه خشک کردن روی چگونگی ایجاد ترک و کاهش راندمان برنج کامل در واریته معطر دانه کوتان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج داده ها در مراحل بعد از خشک کردن نشان می دهد که میزان ماگزیمم ترک در ۱۲ ساعت بعد از پایان پروسه خشک کردن بوجود آمده و سپس در همه تیمارها تا مدت زمان ۲۴ ساعت به حالت پای ر می رسد. در درجه حرارت های $50^{o}C$ و $60^{o}C$ برای میزان رطوبت نهایی استاندارد و پایین، درصد دانه کامل در واریته معطر آزمایش شده بطور معنی دار ($P<0.01$) کاهش یافته است. در شرایط معین بعد از فرآیند خشک کردن، میزان کاهش دانه کامل در تیمارها با میزان رطوبت نهایی پایین بیشتر از دانه ها با رطوبت استاندارد بوده است. افزایش اختلاف میان درجه حرات سیلوی نگهداری برنج و درجه حرارتی که برنج در آن خشک شده سبب افزایش معنی دار در درصد ترک دانه می گردد.

کلیدواژه: خشک کردن، ترک، برنج کامل، بعد از خشک کردن

۱- استادیار گروه شین های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پست الکترونیک: szhash@yahoo.com
۲- دانشیار دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تسوکوبا، ایباراکی، ژاپن
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه هوکایدو، کیتا ۹ ، کیتا-کو ، ساپورو، ژاپن

مقدمه

در دنیا، برنج دارای جایگاه ویژه ای در سبد غذایی خانواده ها بوده و نیمی از جمعیت دنیا را تحت حمایت خود قرار داده است [۱۷]. معمولا برنج بعد از برداشت دارای رطوبت بالایی بوده و جهت تبدیل و نگهداری در انبار باید میزان رطوبت نهایی آن را تا حدود ۱۲-۱۳٪ در پروسه خشک کردن کاهش داد. خواص برنج تحت تاثیر درجه حرارت دانه تغییر میکند. ترک میتواند در مراحل قبل از برداشت، برداشت، خشک کردن، و بعد از فرآیند خشک کردن بوجود آید.

آرورا و همکاران[1] [۱] نشان داد که ترک موقعی بوجود میآید که اختلاف درجه حرارت میان دانه و هوای گرم شده جهت خشک کردن بیش از ۴۳ درجه باشد. آنها همچنین پیشنهاد نمودند که برای افزایش برنج سفید، درجه حرارت هوای خشک کننده باید کمتر از $53^{o}C$ باشد. در حرارت بالاتر از این، میزان ترک افزایش می یابد. تعدادی از محققین گزارش نمودند که شرایط سخت خشک کردن دانه و متعاقبا" قرارگیری آن در معرض هوای مرطوب، منجر به افزایش ترک در دانه خواهد شد [۴، ۹، ۱۰، ۱۴، ۱۵]. فرآیند خشک کردن میتواند اختلافی در حرارت و رطوبت داخل دانه بوجود آورد که باعث بوجود آمدن تنش کششی در سطح و فشاری در داخل دانه گردد [۱۵]. این تنش سبب بوجود آمدن ترک در دانه میشود. میزان این ترک به ضخامت دانه، میزان رطوبت نهایی، و شرایطی که دانه در آن خشک میشود بستگی دارد [۱۱، ۱۵، ۱۸]. درک اثر میزان رطوبت نهایی و شرایط خشک کردن بر درصد ترک دانه علی الخصوص برای برنج معطر دانه کوتاه در مدت زمان بعد از اتمام فرآیند خشک کردن جهت بهینه کردن شرایط خشک کردن و افزایش حداکثری رانمان تبدیل، بسیار مهم میباشد. چندین محقق [۱۰، ۱۵، ۱۳، ۵] مشاهده نمودند که درصد ترک بطور قابل توجه ای بوجود نمی یابد قبل از این که فرآیند خشک کردن متوقف شود. ما و کانز[2] [۱۵] بیان نمودند که مقداری کمی از دانه در طول فرآیند خشک کردن ترک بر میدارد ه می و همکاران [۵] موارد فوق را برای دانه معطر بررسی و تایید نموده است.

اغلب ترک در دانه ها بعد از فرآیند خشک کردن بوجود می آید. شرما و کانز [۱۵] گزارش نمودند که غالب ترک در دانه در طول مدت حدود ۴۸ ساعت بعد از اتمام خشک کردن پدیدار میشود. نگوین و کانز[3] [۱۳] مطالعه ای بر روی اثر شرایط بعد از خشک کردن روی میزان ترک نموده و در گزارشات بیان نمودند که درجه حرارت خشک کردن دارای اثر معنی داری روی ترک برداشتن دانه دارد. لی و همکاران[4] [۱۲] نشان داد که غالب ترک در دانه در زمان کوتاهی بعد از اتمام فرآیند خشک کردن بوجود می آید. این زمان حداکثر ۴ ساعت بعد از فرآیند خشک کردن بوده و بعد از ۴۸ ساعت از اتمام عملیات خشک کردن، هیچ ترکی در دانه بوجود نمی آید. آنها همچنین گزارش نمودند که عدم پیوستگی در فرآیند خشک کردن (گرم و سرد کردن دانه) باعث کاهش تنش شده که در نتیجه آن کاهش ترک را در پی خواهد داشت.

تعدادی از محققین [۹، ۳] از اثر معنی دار میزان رطوبت در تعیین درصد ترک دانه و کیفیت تبدیل گزارش نموده ند. کانز و پارساد (۱۹۷۸) گزارش نموده اند که بوجود آمدن ترک در دانه شالی ارتباط مستقیم با میزان جذب و دفع سطحی دانه دارد. با توجه شرایط شک کردن شالی در ایران که دانه در خشک کنهای ثابت بستر افقی در درجه حرارت بالا خشک میشود بطوریکه میزان رطوبت نهایی آن به کمتر از ۹٪ میرسد [۴]، میزان جذب و دفع سطحی بالایی دارد. رطوبن نهایی فوق بسیار پایین بوده و در مرحله نگهداری در انبار تا حد رطوبت تعادلی افزایش می یابد. لذا مطالعه بیشتر برای تشخیص شرایطی که سبب بوجود آمدن ترک و کاهش راندمان تبدیل در زمان بعد از خشک کردن برای نمونه هایی که در درجه حرارتهای مختلف خشک میشوند، ضروری می باشد. این مطالعه برای توسعه فرآیند و روشها برای کمینه کردن افت و حفظ کیفیت برنج کمک شایانی خواهد نمود.

1 Arora et al.
2 Sharma and Kunze
3 Nguyen and Kunze
4 Lie et al.

مواد و روشها

برنج دانه کوتاه (*Kaori*) معطر دارای میزان رطوبت اولیه حدود ۲۶٪ استفاده شده است. طراحی آزمایش برای انجام عملیات خشک کردن در شرایط مختلف بدین صورت انجام گردید. درجه حرارتهای مختلف خشک کردن(30^oC, 40^oC, 50^oC, -60^oC) در زمانهای متفاوت متناسب با میزان رطوبت نهایی مورد نیاز که در حد استاندارد ۱۲٪)[۲]، و پایین حدود ۹٪متناسب با شرایط ایران [۴] انجام گردید. بعد از اتمام عملیات خشک کردن نمونه ها در شرایط اتاق (درجه حرارت 22^oC و رطوبت نسبی 50%) به مدت ۱ ساعت قرار داده تا به حالت تعادل رسدند. بعد از ۱ ساعت، ۱۲۰ گرم از نمونه بطور تصادفی جهت تعیین درصد ترک و راندمان تبدیل انتخاب گردید. روش فوق را دقیقا در زمانهای ۱۲، ۲۴، و ۴۸ ساعت بعد از توقف عملیات خشک کردن تکرار مینماییم. انتخاب ماگزیمم زمان بر اساس یافته [۱۲] که افزایش میزان ترک بعد از ۴۸ به حد صفر میرسد، انجام گرفته است. برای انجام مقایسه بین نمونه ها از نمونه مرجع (۵۰۰ گرم شالی) که در شرایط کنترل شده رطوبت (۶۰٪) و درجه حرارت (25^oC) خشک شد، استفاده گردید. میزان رطوبت نهایی مرجع حدود ۱۲٫۵٪ بوده است.

سنجش ترک بر اساس پوست کنی دستی از ۱۰۰ دانه که بصورت تصادفی از هر نمونه انتخاب گردید، با استفاده از دستگاه سنجش ترک[1]، انجام شد. سنجش میزان سختی دانه با استفاده سختی متر بر روی ۲۰ دانه انتخابی از مجموعه بدون ترک قبلی صورت گرفت. میزان رطوبت در مراحل قبل و بعد از خشک شدن با استفاده از روش آون که ۵-۱۰ گرم شالی در حرارت $105°C$ به مدت ۴۸ ساعت انجام شد. عملیات تبدیل بر روی ۷۲ نمونه از مجموع تیمارها و تکرارها انجام شد. در هر مرتبه، ۱۰۰ گرم نمونه خشک شده را پوست کنی نموده و سپس برنج قهوه ای حاصله را وزن نموده و بلافاصله عملیات سفید کنی را با استفاده از سفید کن عمودی مدل اصطکاکی[2] انجام داده ایم. کار جداسازی نیمدانه از برنج کامل در دستگار جداساز دوار صورت گرفت.

آنالیز آماری بر پایه طرح دو فاکتوری کاملا تصادفی انجام شد. دو فاکتور شامل درجه حرارت و میزان رطوبت نهایی که به ترتیب با ۴ و ۲ سطح می باشد. آنالیز واریانس از میان متغیرها و اثر متقابل آنها در سطح ۰٫۰۱ انجام گردید (جدول ۱).

جدول ۱. آنالیز واریانس در زمانهای مختلف بعد از عملیات خشک کردن برنج معطر دانه کوتاه

متغییر ها	df	dR	F_1	F_{12}	F_{24}	F_{48}	HR_1	HR_{12}	HR_{24}	HR_{48}
درجه حرارت	3	212^{**}	28^{**}	111^{**}	390^{**}	319^{**}	74^{**}	726^{*}	1236^{**}	952^{**}
میزان رطوبت نهایی	1	70.7^{**}	1.3^{ns}	14.4^{**}	53.4^{**}	52.0^{**}	32.1^{**}	4.7^{ns}	25.8^{**}	21.5^{*}
حرارت و میزان رطوبت	3	1.9^{ns}	1.6^{ns}	2.4^{ns}	8.9^{*}	6.4^{*}	5.4^{*}	4.9^{*}	5.5^{*}	10.8^{*}

^{ns} معنی دارنیست *معنی دار در سطح ۵٪ ** معنی دار در سطح 1% - F: دانه ترک دار- HR : دانه کامل

نتایج و بحث

۱- بررسی ترک

شناخت اثر خشک کردن روی میزان ترک دانه به ما کمک خواهد نمود تا بتوانیم وضعیت خشک کردن را بهینه نماییم. شکل ۱ درصد دانه های ترک دار در مدت زمان بعد از اتمام فرآیند خشک کردن برای نمونه هایی که در درجه حرارت مختلف با میزان رطوبت نهایی ۱۲٪ (شکل 1a) و ۹٪ (شکل 1b) نشان میدهد. با افزایش زمان بعد از پایان خشک کردن، درصد ترک نمونه ها

1 TX -200, Kett Electric Laboratory, Tokyo
2 VP-31T, Yamamoto Co., Tendu, Japan

بطور معنی داری ($P<0.01$) در هر دو رطوبت نهایی افزایش یافت. بعد از ۱ ساعت، با افـزایش درجـه حـرارت خـشک کـردن، درصد ترک از ۴٪ به ۲۲٪ در رطوبت نهایی استاندارد و همچنین از ۲٪ به ۳۰٪ در رطوبت پایین افزایش یافت.
بعد از ۴۸ ساعت، ماگزیمم ترک در نمونه هایی که در درجه حرارت 50^oC و 60^oC خشک شده اند بترتیب حـدود ۶۰٪ و ۸۰٪ بوده است. اختلاف رطوبت بالای داخل و خارج دانه سبب ایجاد ترک در دانـه میـشود [۱۰]. ایـن ممکـن اسـت یکـی از دلایـل احتمالی برای افزایش درصد ترک در نمونه هایی که در درجه حرارت بالا خشک شده و دارای رطوبت نهایی پایین است، می باشد. اثر زمان بعد از اتمام خشک کردن روی درصد ترک را میتوان توسط پارامترهایی از قبیل درجـه حـرارت، رطوبـت، ضـخامت دانـه، شرایط بار، و فاصله زمانی بعد از زمان خشک کردن شرح داد.

درجه حرارت خشک کن

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است با افزایش درجه حرارت، میزان ترک افزایش یافت. میزان مـاگزیمم تـرک بعـد از ۴۸ ساعت از اتمام فرآیند خشک کردن متعلق به نمونه هایی است که در درجه حرارت 60^oC خـشک شـده انـد و در پـی آن نمونـه هایی که در50^oC, 40^oC و 30^oC خشک شده اند، میباشد. در هر دو تیمار رطوبتی، میزان ترک در 60^oC خـشک گردیـده حدود ۵ برابر بیشتر از نمونه هایی است که در درجه حرارت 30^oC خشک شده اند. آنالیز آماری هم نشان میدهد که درجه حرارت خشک کن دارای اثر معنی داری ($p<0.01$) بر روی نرخ خشک کردن و درصد ترک دانـه در زمانهـای متفـاوت بعـد از خـشک کردن دارد (جدول ۱). این داده ها نشان میدهد بدون توجه به میزان رطوبت نهایی دانه، با افزایش درجه حرارت، میزان ترک بطور معنی داری افزایش یافت. نتیجه فوق تائیدی است بر نتایج گزارش شده سایینمورگن و همکاران[1] [۱۶] در نمونه هـایی کـه تحـت شرایط سخت خشک شده اند.

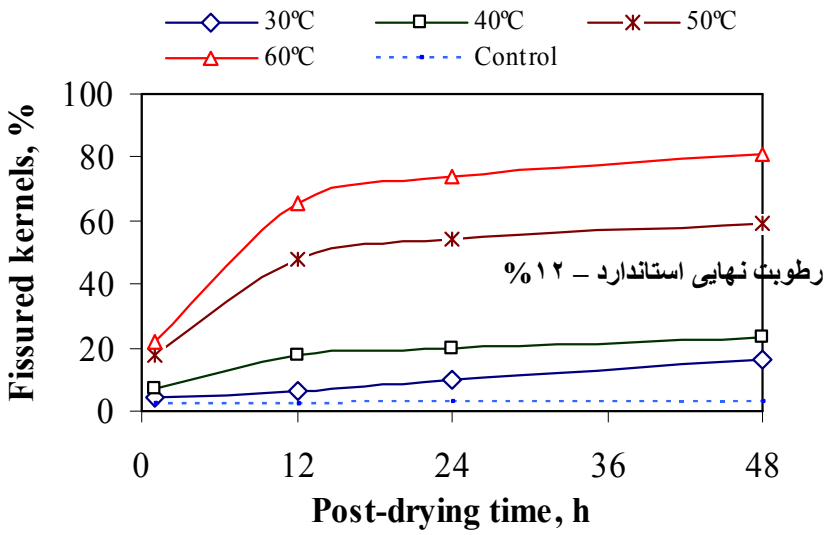
میزان رطوبت نهایی

درصد دانه های ترک دار در فاصله زمانی متفاوت بعد از اتمام خشک کردن، نمونه ها با رطوبت پایین (شکل ۱–الـف) حـدود ۱۵٪ بیشتر از نمونه هایی است که در رطوبت استاندارد (شکل ۱–ب) خشک شده ند.

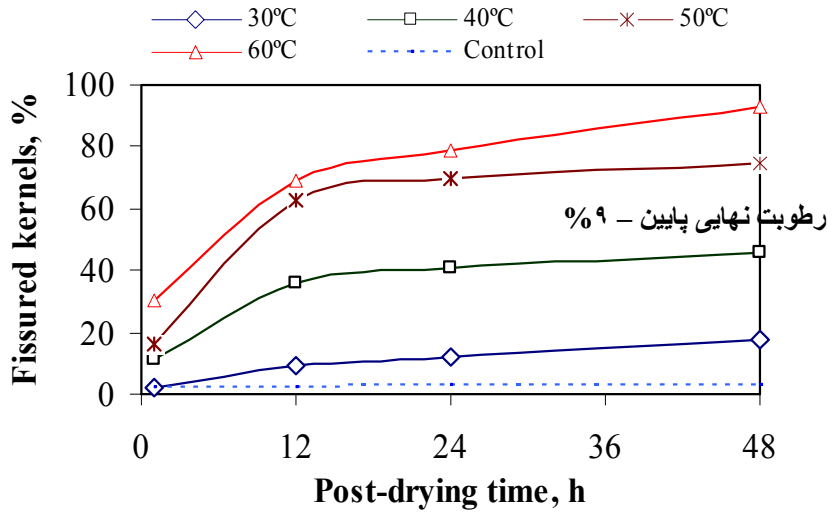
ضخامت دانه

همانطور که قبلا توضیح داده شد، ماگزیمم ترک نمونه دانه کوتاه معطر، حدود ۸۰٪ و ۹۶٪ بترتیـب بـرای دانـه هـایی کـه دارای رطوبت استاندارد و پایین دارند میباشد. برابر بررسی انجام شده بر روی دیگر گزارشات تحقیقی، اختلافی در ماگزیمم تـرک ایجـاد شده در تحقیق فوق با د یگر تحقیقات [۸، ۱۶] وجود داشت. این اختلاف ممکن است به دلیل اختلاف در انـدازه فیزیکـی واریتـه تحت آزمایش باشد. سایینمورگن و همکاران [۱۶] ماگزیمم درصد ترک را در نمونه دانه بلند حدود ۳۵٪ بعد از ۴۸ ساعت از اتمـام فرآیند خشک کردن مشاهده نموده اند در حالیکه شرما و کانز [۱۵] ماگزیمم ترک را ۴۶٪ برای دانه بلند و ۹۰٪ برای دانه متوسـط گزارش نمودند. ضخمات دانه نقش اساسی در این اختلاف معنی دار دارد.

1 Siebenmorrgen et al.



(الف)



(ب)

شکل ۱. درصد دانه های ترک دار شده در مدت ۴۸ ساعت بعد از اتمام فرآیند خشک کردن برای نمونه هایی که در درجه حرارت مختلف با میزان رطوبت نهایی ۱۲٪ و ۹٪ خشک گردید. نمونه کنترلی در حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۶۰٪ خشک گردید

متوسط ضخامت دانه کوتاه مورد بحث ۲,۱۲ mm بوده که حدود ۳۵٪ بیشتر از واریته تحت آزمایش سایینمورگن و همکاران [۱۶] و تقریبا مساوی با واریته آزمایشی رما و کانز [۱۵] بوده است. ضخامت بیشتر منجر به آسیب پذیری بیشتر دانه در فرآیند خشک کردن علی الخصوص در شرایط سخت میشود.

شرایط انبار مدت بعد از خشک کردن

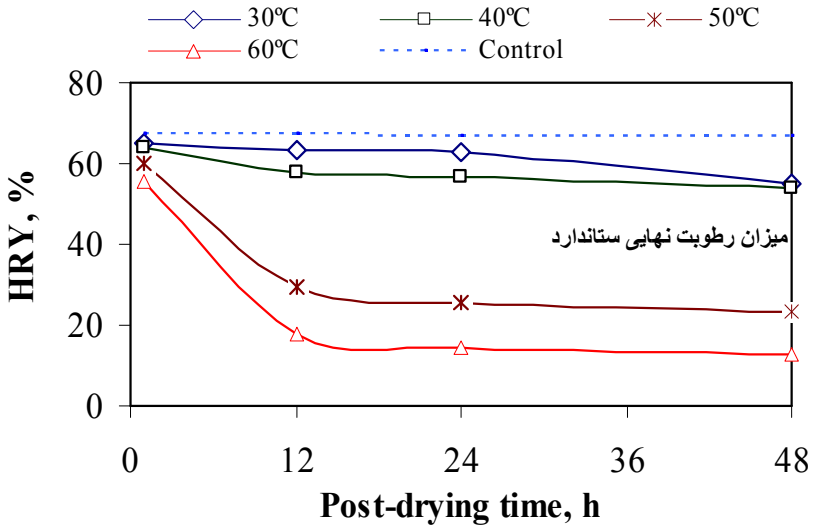
شرایط انبار میتواند بحرانی باشد برای نمونه هایی که دارای میزان رطوبت نهایی پایینی باشند. بر اساس داده های تحقیق فوق میتوان نتیجه گرفت که اختلاف میان درجه حرارت خشک کردن و درجه حرارت انبار، سبب افزایش درصد ترک در دانه میشود.
نتیجه فوق با نتایج تحقیقات انجام شده[۱۵، ۱۲، ۱۶] در این زمینه سازگار میباشد. بعد از ۱ ساعت از اتمام فرآیند خشک کردن، بیشترین درصد ترک متعلق به نمونه ها با میزان رطوبت پایین بوده است (شکل ۱). با پیشرفت زمان، اغلب ترکها در محدوده زمانی ۱۲ ساعت رخ داده و بعد از این زمان به حالت پایدار میرسد. بعد از ۴۸ ساعت از اتمام خشک کردن، درصد افزایش ترک به حد صفر رسید. همچنین حالت مشابه در روند ایجاد ترک توسط ساینمورگن و همکاران (۲۰۰۵) گزارش شده است

۲- بررسی راندمان برنج کامل

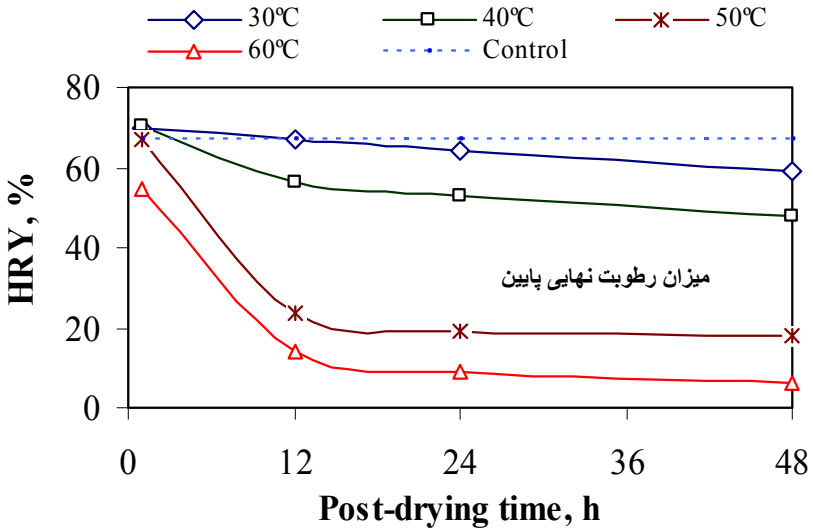
شکل ۲ بیانگر تغییرات در راندمان برنج حاصله در نمونه هایی با میزان رطوبت استاندارد و پایین در مدت مشخص بعد از اتمام فرآیند خشک کردن می باشد. دلیل اصلی و قاطع اختلاف بین دو تیمار رطوبتی بطور کامل مشخص نیست. تعدادی از محققین[۱۶، ۱۸] گزارش نموده اند که اختلاف در رانمان برنج تولیدی به درجه حرارت خشک کردن، درصد ترک، سختی دانه، مدت زمان و درجه حرارت محیطی بعد از خشک کردن و همچنین به برخی از خواص کیفی برنج وابسته میباشد.

درجه حرارت خشک کردن

همانطور که از شکل ۲ هویداست، اختلاف در راندمان برنج حاصله غالبا بواسطه اختلاف در درجه حرارت خشک کن میباشد. میزان اختلاف در درجه حرارتهای 30^oC تا 60^oC حدود ۹، ۴۵، ۴۸، و ۴۳٪ برای نمونه ها با میزان رطوبت استاندارد و ۱۵، ۵۲، ۵۵، و ۵۳٪ برای نمونه ها با میزان رطوبت پایین می باشد. ماگزیمم اختلاف متعلق به تیمارها با رطبت نهایی پایین میباشد. این نشان دهنده اینست که راندمان برنج کامل بطور معنی داری به درجه حرارت خشک کن وابسته می باشد. ساینمورگن وهمکاران [۱۶] گزارش نمودند که رانمان برنج حاصله بطور قابل ملاحظه ای کاهش یافته زمانی که درجه حرارت خشک کردن به 60^oC در رطوبت نهایی پایین رسید. آنالیز آماری هم بیانگر اینست که درجه حرارت خشک کردن دارای اثر معنی داری $(P<0.01)$ روی راندمان برنج حاصله در زمانهای مختلف بعد از خشک کردن دارد. اختلاف معنی داری در کاهش رانمان تبدیل برای نمونه هایی که در درجه حرارت 30^oC و 40^oC خشک شده اند وجود ندارد. ماگزیمم کاهش راندمان تبدیل در حرارتهای 50 و 60^oC در فاصله زمانی معین از اتمام فرآیند خشک کردن رخ داده است. در درجه حرارت بالاتر ، کاهش راندمان برنج حاصله بیشتر بوده است. میزان کاهش در نمونه ها با رطوبت نهایی پایینتر ملموستر از نمونه ها با میزان رطوبت استاندارد بوده است. دلیل این امر ممکن است بواسطه جذب سطحی رطوبت در تیمارها با رطوبت نهایی پایین میباشد.



(الف)



(ب)

شکل ۲. کاهش راندمان تبدیل در طول مدت ۴۸ ساعت بعد از اتمام عملیات خشک کردن برای نمونه هایی که در درجه حرارتهای مشخص تا میزان رطوبت استاندارد حدود ۱۲٪ (الف) و میزان رطوبت پایین حدود ۹٪ (ب) خشک شده است. نمونه کنترل شده در حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۶۰٪ خشک گردید

اثر میزان رطوبت نهایی

میزان رطوبت نهایی اثر معنی داری ($P<0.01$) روی راندمان برنج حاصله دارد (جدول ۱). درصد برنج بدست آمده از شالی دارای رطوبت استاندارد کمی بیشتر از شالی با رطوبت پایین در فاصله زمانی معین از زمان بعد از خشک کردن می باشد. جالب است بدانیم که کاهش راندمان برنج حاصله برای تیمار رطوبتی پایین کمی بیشتر از تیمار رطوبتی استاندارد بعد از ۱ ساعت از اتمام فرآیند خشک کردن می باشد. این حالت بخاطر جذب سطحی بیشتر رطوبت دانه میباشد.

بانزاکی و سایینمورگن [۳] دریافتند که راندمان برنج حاصله کاملا مرتبط با رطوبت نسبی محیط و رطوبت اولیه دانه میباشد. بر اساس یافته های سایینمورگن و همکاران [۱۶]، کاهش بیشتر راندمان برنج حاصله در ارتباط مستقیم با ضخامت دانه بطوریکه منجر به ایجاد بیشتر ترک میگردد. ویست و همکاران [۱۸] نشان داده اند که کاهش راندمان برنج حاصله از واریته دانه متوسط بنگال بیشتر از واریته دانه بلند سیپرس در شرایط مساوی خشک کردن بوده است. دانه ضخیم تر بواسطه اختلاف رطوبت بیشتر در برابر ایجاد ترک حساستر و اسیب پذیر تر می باشد.

نتیجه گیری

اثرات شرایط مختلف خشک کردن طول زمانی بعد از برداشت بر روی چگونگی شکل گیری ترک در برنج معطر دانه کوتاه مورد بررسی قرار گرفت. میزان ترک ایجاد شده برای نمونه هایی که در درجه حرارت ۳۰ و $0^{o}C$ خشک شده اند در تمام زمانهای بررسی شده بعد از اتمام فرآیند خشک کردن، کمتر بوده است. با گذشت زمان پس از خشک کردن، مقدار کمی دانه های ترک دار شده برای تیمارها با رطوبت نهایی پایین بیشتر از تیمار ها با رطوبت استاندارد می باشد. در میزان رطوبت نهایی یکسان، ماگزیمم ترک برای نمونه ها یی که در درجه حرارت $60^{o}C$ خشک شده اند حدود ۵ برابر بیشتر از نمونه هایی است که در حرارت $30^{o}C$ خشک شده اند. بدون در نظر گرفتن درجه حرارت، اغلب دانه های ترک دار در داخل محدوده زمانی ۱۲ ساعت بعد از اتمام فرآیند خشک کردن بوجود میآید. در شرایط و زمانهای معین بعد از خشک کردن دانه، راندمان دانه کامل در تیمارها با رطوبت نهایی استاندارد بیشتر از تیمارها با رطوبت نهایی پایین بوده است.

از موارد فوق میتوان نتیجه گرفت که افزایش اختلاف میان درجه حرارت در مرحله خشک کردن و انبار نگهداری دانه سبب افزایش معنی دار($P<0.01$) در درصد دانه های ترک دار و در پی آن میزان نیمدانه میگردد. تیمارها با میزان رطوبت پایین قابلیت ایجاد ترک بیشتر در مقایسه با دانه با رطوبت نهایی استاندارد دارد.

منابع

1- Arora V.K., S.M. Henderson, and T.H. Burkhardt, (1973). Rice drying cracking versus thermal and mechanical properties. *Transactions of the ASAE,* ***16***: pp. 320-327.

2- ASAE. 1982. ASAE Standard (29th Edn.), S352·1. *Moisture measurement-grain & seeds.* St. Joseph, MI, USA.

3- Banaszek M.M. and T.J. Siebenmorgen. 1990. Moisture adsorption rates of rough rice. *Transactions of the ASAE* 33: 1257-1262.

4- Hashemi, J., A. Borghei, N. Shimizu, & T. Kimura. 2005. Optimization of final moisture content of paddy in flat bed dryer with consideration of minimum losses and marketability. *J. of Agric. Sciences and Natural Resources of Khazar* 3: 72-82.

5- Hashemi, J., Shimizu, N. (2008). Investigation of Fissure Formation during the Drying and Post- drying of Japonica Aromatic Rice. International Journal of

Agri. & Biology, 10 (2): 179–184.

6- Jindal, V.K. and T.J. Siebenmorgen. 1994. Simulation of low temperature rough rice drying and rewetting in shallow beds. *Transactions of the ASAE* 37, 863-871.

7- Jindal V.K. and T.J. Siebenmorgen. 1987. Effects of oven drying temperature and drying time on rough rice moisture content determination. *Transactions of the ASAE* 30: 1185- 1192.

8- Kunze, O.R. 1991. Moisture adsorption in cereal grain technology. A review with emphasis on rice. *Applied Engineering in Agriculture* 7: 717-723.

9- Kunze, O.R. and S. Parsad. 1978. Grain fissure potential in harvesting and drying of rice. *Transactions of the ASAE* 8: 396-399, 405.

10- Kunze, O.R. 1979. Fissuring of the rice grain after heated air drying. *Transactions of the ASAE* 22: 1197-1207.

11- Kunze, O.R. and M.S.U. Choudhury. 1972. Moisture adsorption related to the tensile strength of rice. *Cereal Chemistry* 49: 684-696.

12- Li, Y.B., Cao, C.W., Yu, Q.L., and Q.X. Zhong. 1999. Study on rough rice fissuring during intermittent drying. *Drying Technology* 17: 1779-1793.

13- Nguyen C.N. and O.R. Kunze. 1984. Fissures related to post-drying treatments in rough rice. *Cereal Chemistry* 61: 63-68.

14- Perdon, A.A., T.J. Siebenmorgen, and A. Mauromoustakos. 2000. Glassy state transition and rice drying: development of a brown rice state diagram. *Cereal Chemistry* 77: 708-713.

15- Sharma, A.D. and O.R. Kunze. 1982. Post-drying fissure developments in rough rice. *Transactions of the ASAE* 25: 465-468, 474.

16- Siebenmorgen, T.J., G. Qin, and C. Jia. 2005. Influence of drying on rice fissure formation rates and mechanical strength distributions. *Transactions of the ASAE* 48: 1835-1841.

17- USDA, (2002). Rice, Washington DC, Available from http:*http://faostat.fao.org*/// www.ers. Usda gov/briefing/rice.

18- Wiset, L., G. Srzednicki, R. Driscoll, C. Nimmuntavin, and P. Siwapornrak. 2001. Effects of High Temperature Drying on Rice Quality. *The CIGR Journal of Scientific Research and Development*. 01 003 (3): 1-10.

Examine the Fissure Creation and Head Rice Yield Reduction at Different Drying Conditions

Jafar Hashemi[1*], S. R. Tabatabaee[1], Naoto Shimizu[2], and Toshinori Kimura[3]

ABSTRACT

The influence of various drying scenarios, low final moisture, and post-drying duration, on fissure formation and head rice yield (HRY) reduction in aromatic short-grain rice, were investigated. The results of post-drying duration show that maximum fissured kernels produced within 12-h after drying process ceased and then becomes to stable up to 24 h for all treatments. The whole kernel percentage of Kaori aromatic rice was reduced significantly ($P<0.01$) when rice was dried at 50°C and 60°C to both standard and low final moisture content (FMC). For a given post-drying duration and conditions, low FMC treatments exhibited more HRY reduction than did standard FMC. Increasing the difference between storage temperature and drying air temperature caused a significant ($P<0.01$) increase in the percentage of fissured kernels.

Keywords: Drying, fissure, head rice, moisture content