اثر خشک کردن چند مرحله‌ای بر بازده تبدیل و مدت زمان خشک کردن شلتوک[1]

کبری تجددی طلب[2]

۱- چکیده:

به منظور بررسی اثر خشک کردن چند مرحله‌ای بر بازده تبدیل و مدت زمان خشک کردن شلتوک، از رقم خزر و آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با دو فاکتور استفاده شد: یکی رطوبت اولیه شلتوک در دو سطح (۰/۷ ± ۱۶/۳ درصد و ۱/۵ ± ۲۰/۵ درصد بر پایه‌تر) و دیگری روش خشک کردن در سه سطح (خشک کردن یک، دو و سه مرحله‌ای). فاکتورهای مورد بررسی در این تحقیق، بازده تبدیل، درصد برنج قهوه‌ای، درصد برنج سالم، درصد خرده برنج و مدت زمان خشک کردن بوده است. نتایج نشان داد که مراحل خشک کردن اثر قابل توجهی بر درصد برنج قهوه‌ای و بازده تبدیل ندارد اما درصد برنج سالم طی خشک کردن سه مرحله‌ای در هر دو سال بیشترین و روش‌های دو و یک مرحله‌ای به ترتیب کمترین مقدار را داشته‌اند. روش خشک کردن یک مرحله‌ای در شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۹/٦ درصد با میزان برنج سالم ۳۹/۳ درصد کمترین و سه مرحله‌ای با میزان برنج سالم (٤۲/۹ درصد) بیشترین مقدار را در سال اول داشت. خشک کردن شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۵/۷ درصد به روش یک مرحله‌ای کمترین و روش‌های دو و سه مرحله‌ای بیشترین مقدار برنج سالم را به دست می‌دهند اما بین این دو تفاوت قابل توجهی مشاهده نمی‌شود. نتایج سال دوم نشان می‌دهد که خشک کردن سه مرحله‌ای شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۲۱/۸ درصد با مقدار برنج سالم ٥٦/٦ درصد بیشترین و روش یک مرحله‌ای با ۵۲/۷ درصد کمترین مقدار برنج سالم را به دست می‌دهند. به کارگیری روش خشک کردن یک مرحله‌ای در شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱٦/۲ درصد با ۵۲/۵ درصد کمترین و سه مرحله‌ای با ۵۵/۸ درصد بیشترین نسبت برنج سالم را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به نتایج حاصل برای رطوبت ۱۹-۲۲ درصد شلتوک خزر، خشک کردن سه مرحله‌ای و برای رطوبت ۱۵/۵-۱۷ درصد، خشک کردن دو مرحله‌ای پیشنهاد می‌شود.

۲- واژه‌های کلیدی:

تبدیل، خشک کردن چند مرحله ای، شلتوک برنج.

---

۱ - برگرفته از طرح تحقیقاتی" اثر خشک کردن چند مرحله ای بر راندمان خشکاندن شلتوک برنج ....."

۲- عضو هیئت علمی بخش فنی و مهندسی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت. صندوق پستی ۱٦٥۸. دورنگار: ٦٦۹۰۰٥۱، تلفن: ٦٦۹۰۰٥۲.

٣- مقدمه:

به منظور حفظ کیفیت غلات طی انبار مانی طولانی، به حداقل رساندن خسارت‌های ناشی از تجزیهٔ ترکیبات شیمیایی، کاستن از فعالیت قارچ‌ها، و حشرات، و جلوگیری از کاهش ارزش تغذیه‌ای این محصولات، خشک کردن به موقع آنها پس از عملیات برداشت ضروری است [١١]. محققان معتقدند که میزان رطوبت تأثیر قابل توجهی بر بازده تبدیل دارد [١٤ و١٩]. گزارش‌ها نشان می‌دهد که تنش‌های حاصل از تغییر یک درصد رطوبت در دانه، ١٠٠ بار بیشتر از تنش‌های حاصل از تغییر یک درجهٔ سانتی‌گراد دماست [١٤]. به طور کلی، شلتوک خشک بسیار جاذب الرطوبه است و نسبت به محیطی که در آن قرار می‌گیرد از خود واکنش نشان می‌دهد. این خاصیت خصوصاً پس از رسیدن دانه در مزرعه مشاهده می‌گردد. دانه در حین خشک شدن رطوبت خود را به محیط پس می‌دهد و زمانی که رطوبت دانه به کمتر از ٢٠ درصد می‌رسد میزان رطوبت آن با محیط هماهنگ می‌شود و نسبت به تغییرات محیط از خود واکنش نشان می‌دهد. رطوبت موجود در دانه همواره خود را در حالت تعادل با دما و رطوبت نسبی محیط قرار می‌دهد. این موضوع حتی پس از برداشت محصول هم در دانه مشاهده می‌گردد [١٦]. خشک نکردن به موقع شلتوک برنج باعث بروز فساد میکروبی (قارچی، باکتریایی) و جوانه‌زنی دانه پس از ٤٨ ساعت می‌شود [٦، ١٣ و١٤]. تغییر رطوبت دانه را می‌توان به سه مرحلهٔ اساسی به شرح زیر طبقه بندی کرد [١٤]:

١- خشک کردن یک مرحله‌ای که از نظر فیزیولوژیکی با افزایش وزن خشک، رطوبت دانه کاهش می‌یابد.

٢- خشک کردن دو مرحله‌ای که رطوبت دانه به مدت ١٠ روز درحد ٢٨ درصد ثابت باقی می‌ماند.

٣- خشک کردن سه مرحله‌ای که رطوبت دانه به‌طور فیزیکی و تحت تاثیر شرایط آب و هوایی کاهش می‌یابد.

چون میزان رطوبت دانه در دو مرحلهٔ اول تحت تأثیر شرایط آب و هوایی قرار نمی‌گیرد، احتمال بروز ترک در دو مرحلهٔ مذکور منتفی است و ترک خوردگی طی خشک کردن در مزرعه یا خشک‌کن‌های کارخانه‌های برنجکوبی در مرحله سوم اتفاق می‌افتد [١٢]. میزان مطلوب خشک شدن دانه به رقم، رطوبت اولیه، دمای دانه، روش خشک کردن، و دما و رطوبت نسبی محیط بستگی دارد. در بسیاری از موارد، به کارگیری حرارت بالا باعث بروز ترک در دانه و شکستگی آن طی عملیات تبدیل و کاهش بازده برنج سالم می‌شود [٨]. دمای هوا اولین و سرعت هوای به کار گرفته شده دومین فاکتور مؤثر در حذف رطوبت از سطح دانه شناخته شده است [٧]. خوش‌تقاضا و سلیمانی (١٣٧٨) نشان دادند که افزایش دما از ٣٠ به ٧٠ درجهٔ سانتی‌گراد، افزایش سرعت جریان هوا از ٠/٥ به ٢ متر بر ثانیه، و کاهش رطوبت نهایی از ١٤ به ١٠/٥ درصد باعث افزایش شکنندگی محصول می‌شود. طی مطالعهٔ فوق مشخص شد که مهمترین عامل تأثیرگذار بر شکنندگی برنج، نخست دما و در ردهٔ بعدی رطوبت نهایی محصول است. همچنین مشخص شد که اثر نامطلوب حاصل از افزایش دما

و سرعت جریان هوا را می‌توان با ممانعت از کاهش زیاده از حد رطوبت محصول به هنگام خشک کردن کنترل کرد. جهاندیده (۱۳۷٤) در تحقیق خود ضمن استفاده از سه رقم خزر، بی‌نام، و سپید رود و سه دمای ۲۵، ۳۵ و ٤۵ درجهٔ سانتی‌گراد، نتیجه گرفت که محصول خشک شده در دمای ٤۵ درجهٔ سانتی‌گراد نسبت به دو دمای دیگر در مرحله تبدیل شلتوک به برنج سفید ایجاد ضایعات بیشتری می‌کند. کیان‌مهر و همکاران (۱۳۸۰) نشان دادند که به منظور نیل به یکنواختی مقدار رطوبت در عمق‌های مختلف خشک‌کن می‌توان دما را در خشک‌کن بستر ثابت توده‌ای کاهش داد. کاهش دما تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش ضریب تغییر مقدار رطوبت شلتوک در خشک‌کن با جریان یک طرفه هوا می‌شود، اما افزایش زمان خشک شدن محصول را در پی خواهد داشت و این در حالی است که با افزایش دما زمان خشک کردن کاهش و ضریب تغییر مقدار رطوبت شلتوک افزایش می‌یابد و از آنجا که معیار سنجش رطوبت شلتوک برای مرحله پوست‌کنی و سفید کردن اغلب لایه‌های بالایی خشک‌کن است، لایه‌های زیرین به شدت تحت تأثیر تنش‌های رطوبتی و حرارتی قرار می‌گیرند که عمدهٔ ضایعات برنج خرد شده با روش نادرست افزایش دما به منظور کاهش مقدار رطوبت شلتوک حاصل می‌شود.

رائو (Rao, 2000) برای جلوگیری از تنش‌های حرارتی پیشنهاد داد که باید رطوبت شلتوک تازه برداشت شده را به حدود ۱٦ درصد رساند و پس از سپری شدن دوره استراحت[1] عملیات خشک کردن را مجدداً تا رسیدن به رطوبت مطلوب ادامه داد. او همچنین اظهار نمود که خشک کردن چند مرحله‌ای بر حسب ارقام مختلف شلتوک می تواند متفاوت باشد. شکل، اندازه، و درجهٔ رسیدگی دانه نیز می‌تواند برایجاد ترک تاثیر بسزایی داشته باشد [۱۲].

چنانچه نسبت دانه‌های ترک خورده بیشتر از ۱۰ درصد باشد بازده تولید برنج سالم به طور قابل توجهی کاهش خواهد یافت [۵]. ترک خوردگی، حدود ٤۸ ساعت پس از خشک شدن در شلتوک ثابت خواهد ماند از این رو ترک دانه باید پس از سپری شدن این مدت زمان اندازه گیری شود [۲۱]. کونز (Kunze, 1985) نشان داد که در نمونه‌های مزرعه، دانه‌های خشک‌تری که در معرض باران و شبنم قرار می‌گیرند با سهولت بیشتری دچار ترک خوردگی می‌شوند. او همچنین افزود چنانچه شلتوک در معرض باران‌های خفیف قرار گیرد تعداد کمتری از دانه‌ها ترک برمی‌دارند.

اهداف این پژوهش عبارت است از اول: مقایسه تأثیر روش خشک کردن مرحله به مرحله با روش خشک کردن بدون وقفه بر بازده تبدیل، درصد برنج قهوه‌ای، درصد برنج سالم، و درصد خرده برنج شلتوک خزر با دو سطح اولیه رطوبتی متفاوت و دوم تأثیر روش‌های فوق بر مدت زمان خشک کردن.

۴- مواد و روش‌ها:

- مواد

در آزمایش‌ها، از شلتوک رقم خزر استفاده شد که در مزرعهٔ برنج مؤسسه تحقیقات برنج کشور به

1-Tempering

دست آمده و کاملاً رسیده بود. خشک‌کن به کار گرفته شده در طرح، از نوع نیمه مداوم بستر خوابیده[1] ساخت ژاپن با قدرت ۰/٤ کیلو وات و مجهز به ۲۰ سلول با ظرفیت یکسان بوده است. عملیات تبدیل به کمک دستگاه‌های پوست کن ساتاکه[2] ساخت ژاپن و سفید کن بالدور[3] ساخت امریکا انجام شد. برای اندازه‌گیری رطوبت از رطوبت سنج مدل جی ون[4] ساخت کره و برای بررسی آماری نتایج از نرم افزار ایری استات[5] (نسخه اول) استفاده شد.

- روش‌ها

ابتدا شلتوک رقم خزر با رطوبت‌های ۱/۵ ± ۲۰/۵ درصد و ۰/۷ ± ۱٦/۳ درصد (بر پایه تر) جمع‌آوری و به آزمایشگاه تبدیل موسسه منتقل شد. متعاقب آن، نمونه‌ها به طور جداگانه به شرح زیر با خشک‌کن آزمایشگاهی در دمای ٤۰ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نهایی (بر پایه تر) ۱۱–۱۲ درصد (بر اساس تحقیقات انجام گرفتهٔ قبلی توسط خوش‌ضمیر (۱۳۷۲)) خشک شدند:

۱- خشک کردن یک مرحله‌ای: خشک کردن بدون وقفه تا رسیدن به رطوبت مطلوب (۱۱ تا ۱۲ درصد).

۲- خشک کردن دو مرحله‌ای: ابتدا خشک کردن تا رسیدن به رطوبت مناسب (۱٦تا ۱۷ درصد برای شلتوک با رطوبت اولیه بیشتر از ۱۹ درصد، و ۱۲/۵–۱۳/۵ درصد برای شلتوک با رطوبت اولیهٔ کمتر از ۱۷ درصد) و پس از توقف عملیات خشک کردن به مدت ۱۲–۱۸ ساعت، خشک کردن مجدد تا رسیدن به رطوبت مطلوب.

۳- خشک کردن سه مرحله‌ای: در این روش مانند روش دو مرحله‌ای پس از هر مرحله خشک کردن دستگاه خاموش می‌شود و خشک‌کردن تا رسیدن به رطوبت مطلوب مجدداً ادامه می‌یابد.

قابل ذکر است که برای شلتوک با رطوبت اولیهٔ بیشتر از ۱۹ درصد، رطوبت مطلوب مرحله اول ۱٦–۱۷ درصد، مرحله دوم ۱۳/۵–۱٤/۵ درصد و مرحله سوم ۱۱–۱۲ درصد و برای شلتوک با رطوبت اولیهٔ کمتر از ۱۷ درصد، رطوبت مناسب مرحله اول ۱٤/۵–۱٤ درصد، مرحله دوم ۱۲/۵–۱۳ درصد و مرحله سوم ۱۱–۱۲ درصد بوده است.

به منظور بررسی تأثیر خشک کردن چند مرحله‌ای بر بازده تبدیل و مدت زمان خشک کردن، از آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور رطوبت اولیه شلتوک در دو سطح (۰/۷ ± ۱٦/۳ درصد و ۱/۵ ± ۲۰/۵ درصد بر پایهٔ تر) و فاکتور روش خشک کردن در سه سطح (یک، دو و سه مرحله ای) با ٦ تیمار و سه تکرار بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. قبل از شروع آزمایش، میزان رطوبت اولیه و رطوبت طی عملیات خشک کردن اندازه گیری شد. دبی هوا، ارتفاع شلتوک در بستر خشک کن و شرایط عملیات تبدیل برای کلیه تیمارها یکسان بوده است.

1- Batch in Bed Type
2- Satake Rice Machine
3- Baldor
4- G - wone
5- Irristat

فرمول ها:

$$\text{برنج قهوه ای (درصد)} = \frac{\text{وزن برنج قهوه ای (گرم)}}{\text{وزن شلتوک (گرم)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{بازده تبدیل (درصد)} = \frac{\text{وزن برنج سفید (سالم + خرد) (گرم)}}{\text{وزن شلتوک (گرم)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{برنج سالم (درصد)} = \frac{\text{وزن برنج سالم (گرم)}}{\text{وزن شلتوک (گرم)}} \times ۱۰۰$$

۵- نتایج و بحث:

نتایج تجزیهٔ واریانس در سال اول (جدول شمارهٔ ۱) نشان می‌دهد که اثر تیمار، رطوبت، مراحل خشک کردن، و اثر متقابل رطوبت در مراحل خشک کردن بر درصد برنج قهوه‌ای معنی‌دار نیست. اما تیمار، رطوبت و مراحل خشک کردن، و اثر متقابل مراحل خشک کردن در رطوبت در سطح یک درصد بر بازده تبدیل معنی‌دار است. نتایج مبین این موضوع است که اثر تیمار، رطوبت، و مراحل خشک کردن بر درصد برنج سالم در سطح یک درصد معنی دار اما اثر متقابل رطوبت در مراحل خشک کردن غیر معنی دار است.

نتایج تجزیه واریانس در سال دوم (جدول شماره ۲) نشان می‌دهد که تیمار، مراحل خشک کردن، و اثر متقابل رطوبت در مراحل خشک کردن بر درصد برنج قهوه‌ای غیرمعنی‌دار و رطوبت در سطح ۵ درصد معنی دار است. تیمار، رطوبت، مراحل خشک کردن، و اثر رطوبت در مراحل خشک کردن بر بازده تبدیل غیر معنی دار است. نتایج مبین این موضوع است که تیمار و مراحل خشک کردن در سطح یک درصد بر درصد برنج سالم معنی دار، و رطوبت و اثر متقابل رطوبت در مراحل خشک کردن بر درصد برنج سالم غیر معنی‌دار است.

جدول شمارهٔ ۱- تجزیهٔ واریانس اثر خشک کردن چند مرحله‌ای بر کیفیت تبدیل (سال اول)

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات درصد برنج قهوه‌ای	میانگین مربعات بازده تبدیل	میانگین مربعات درصد برنج سالم
تیمار	۵	۰/۲۲ ns	۸/۷٤**	۲۱۰/۳۲**
رطوبت	۱	۰/۳۱ ns	۱۸/٤٦**	۱۰۱۳/۱۰**
مراحل خشک کردن	۲	۰/۳۳ ns	۷/٤۰**	۱۸/۹۹**
رطوبت × مراحل خشک‌کردن	۲	<۱	۵/۲۱**	<۱
خطا	۱۲	۰/۰۹	۰/۲٤	۱/۰۳

**= معنی دار در سطح یک درصد ns = غیرمعنی‌دار

جدول شمارهٔ ۲- تجزیهٔ واریانس اثر خشک کردن چند مرحله ای بر کیفیت تبدیل (سال دوم)

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات درصد برنج قهوه ای	میانگین مربعات بازده تبدیل	میانگین مربعات درصد برنج سالم
تیمار	۵	۱/۵۸ ns	<۱	۸/۱۲**
رطوبت	۱	۳/۸٦*	<۱	۱/۱٦ ns
مراحل خشک کردن	۲	۱/۷۷ ns	<۱	۱۹/۵۸**
رطوبت × مراحل خشک‌کردن	۲	<۱	۱/۳۳ ns	<۱
خطا	۱۲	۰/٦۱	۰/۹٤	۰/۸۳

**= معنی دار در سطح یک درصد *= معنی دار در سطح ۵ درصد ns = غیرمعنی‌دار

نتایج مقایسهٔ میانگین اثر خشک کردن چند مرحله‌ای بر درصد برنج قهوه‌ای (جدول شمارهٔ ۳) نشان می‌دهد که در هر دو حالت (شلتوک با رطوبت اولیه ۱۹/٦درصد و ۱۵/۷درصد در سال اول و شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۲۱/۸ درصد و۱٦/۲ درصد در سال دوم) نوع روش خشک کردن اثر معنی داری بر درصد برنج قهوه‌ای ندارد و کلیهٔ تیمارها در یک گروه قرار می‌گیرند.

نتایج مقایسهٔ میانگین اثر خشک کردن چند مرحله‌ای شلتوک بر بازده تبدیل در سال اول (جدول شمارهٔ ٤) نشان می‌دهد که خشک کردن یک مرحله‌ای شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۹/٦ درصد کمترین بازده تبدیل را دارد و بین روش خشک کردن دو و سه مرحله‌ای تفاوتی نیست. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که مراحل خشک کردن بر بازده تبدیل شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۵/۷ درصد اثر معنی‌داری ندارد و کلیهٔ تیمارها در یک گروه قرار می‌گیرند. به طور کلی، نتایج مقایسهٔ میانگین اثر خشک کردن چند مرحله‌ای بر بازده تبدیل در سال دوم (جدول شمارهٔ ٤) نشان می‌دهد که مراحل خشک کردن در شلتوک با رطوبت اولیه ۲۱/۸ درصد و ۱٦/۲ درصد اثر معنی‌داری بر بازده تبدیل ندارد.

جدول شمارهٔ ۳- مقایسهٔ میانگین اثر خشک کردن چند مرحله ای شلتوک بر درصد برنج قهوه ای

	رطوبت اولیهٔ شلتوک			
	سال اول		سال دوم	
تیمار	۱۹/٦درصد	۱۵/۷درصد	۲۱/۸درصد	۱٦/۲درصد
خشک کردن یک مرحله‌ای	۷۷/٦a*	۷۸/۱a	۷٦/۸a	۷۸/۲a
خشک کردن دو مرحله‌ای	۷۷/٤a	۷۷/۵a	۷۷/۳a	۷۸/۰a
خشک کردن سه مرحله‌ای	۷۷/۸a	۷۷/۹a	۷٦/۳a	۷٦/۹a
میانگین	۷۷/٦	۷۷/۸	۷٦/۸	۷۷/۷

* میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

نتایج مقایسه میانگین اثر خشک کردن چند مرحله‌ای شلتوک بر درصد برنج سالم در سال اول (جدول شمارهٔ ۵) نشان می‌دهد که خشک کردن یک مرحله‌ای در شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۹/٦ درصد کمترین درصد برنج سالم (۳۹/۳) را نسبت به خشک کردن دو و سه مرحله‌ای دارد. به علاوه در شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱۵/۷ درصد نیز نتایج مشابهی مشاهده می‌شود. نتایج مقایسهٔ میانگین در سال دوم (جدول شمارهٔ ۵) در ارتباط با تأثیر مراحل خشک کردن بر درصد برنج سالم نشان می‌دهد که در شلتوک با رطوبت اولیه ۲۱/۸ درصد، خشک کردن یک مرحله‌ای کمترین درصد برنج سالم و سه مرحله‌ای بیشترین درصد برنج سالم را داشته است. در شلتوک با رطوبت اولیهٔ ۱٦/۲ درصد، خشک کردن سه مرحله‌ای بیشترین درصد برنج سالم را نشان می‌دهد. در این راستا، خشک کردن یک و دو مرحله‌ای، نسبت به سه مرحله‌ای، کمترین مقدار را دارد اما تفاوت معنی‌داری بین آن دو مشاهده نمی‌شود.

نتایج مدت زمان خشک کردن شلتوک (جدول شمارهٔ ٦) نشان می‌دهد که مدت زمان خشک کردن در روش سه مرحله‌ای در کلیهٔ نمونه‌ها نسبت به دو و یک مرحله ای بدون استثناء کمتر بوده است.

جدول شمارهٔ ٤- مقایسهٔ میانگین اثر خشک کردن چند مرحله‌ای بر بازده تبدیل

	رطوبت اولیهٔ شلتوک			
	سال اول		سال دوم	
تیمار	۱۹/٦درصد	۱۵/۷درصد	۲۱/۸درصد	۱٦/۲درصد
خشک کردن یک مرحله‌ای	٦٤/٦b*	٦۸/۷a	٦۵/۳a	٦٦/۵a
خشک کردن دو مرحله‌ای	٦۸/۱a	٦۸/۸a	٦۵/۷a	٦۵/۳a
خشک کردن سه مرحله‌ای	٦۸/۱a	٦۹/۳a	٦۸/۷a	٦۵/٤a
میانگین	٦٦/۹	٦۸/۹	٦۵/٦	٦۵/۷

* میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی دار هستند.

جدول شمارهٔ ۵ - مقایسهٔ میانگین اثر خشک کردن چند مرحله‌ای بر درصد برنج سالم

	رطوبت اولیهٔ شلتوک			
	سال اول		سال دوم	
تیمار	۱۹/٦درصد	۱۵/۷درصد	۲۱/۸درصد	۱٦/۲درصد
خشک کردن یک مرحله‌ای	۳۹/۳b*	۵٤/۸b	۵۲/۷c	۵۲/۵b
خشک کردن دو مرحله‌ای	٤۲/۵a	۵۷/۱a	۵٤/۵b	۵۳/۹b
خشک کردن سه مرحله‌ای	٤۲/۹a	۵۷/۸a	۵٦/٦a	۵۵/۸a
میانگین	٤۱/٦	۵٦/٦	۵٤/٦	۵٤/۱

* میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

جدول شمارهٔ ٦- مدت زمان خشک کردن شلتوک

تیمار	رطوبت اولیهٔ شلتوک			
	سال اول		سال دوم	
	۱۹/٦ درصد	۱۵/۷ درصد	۲۱/۸ درصد	۱٦/۲ درصد
خشک کردن یک مرحله‌ای (دقیقه)	۲۸۵	۱۵۰	۳٤۵	۱۳۰
خشک کردن دو مرحله‌ای (دقیقه)	۲٤۰	۸۵	۲۸۰	۹۰
خشک کردن سه مرحله‌ای (دقیقه)	۲۲۰	۸۰	۲٦۵	۸۵

لی و همکاران (Li *et al.* 1999) نشان دادند که استراحت دهی (اعتدال حرارتی) شلتوک طی عملیات خشک کردن ضمن کاهش تنش در دانه به کاهش مدت زمان خشک کردن می‌انجامد. نتایج تحقیق اخیر نیز کاهش مدت زمان خشک کردن را همزمان با افزایش تعداد توقف حین عملیات خشک کردن نشان داد. این موضوع از نظر صرفه‌جویی انرژی در کارخانه‌های برنجکوبی اهمیت دارد [۱۸].

چنانچه رطوبت سطحی شلتوک سریعاً کاهش یابد، به دلیل انتقال آب از بخش‌های داخلی دانه به سطح آن، لایه‌های بیرونی چروکیده و منقبض می‌شود و در فرآیند تبدیل (به خصوص طی عملیات سفید کردن) در اثر به کارگیری دمای بالا طی عملیات خشک کردن، انبساط ناشی از فشار درونی دانه با رطوبت‌های مختلف باعث افزایش شکستگی می‌گردد [۱۵]. در واقع، در اثر خشک کردن چند مرحله‌ای سرعت خشک کردن با افزایش تعداد توقف افزایش می‌یابد. نتایج تحقیق اخیر با نتایج تحقیقات سایر محققان مطابقت دارد [۸]. توقف عملیات خشک کردن برای مدت زمان مشخص و خشک کردن مجدد باعث یکنواختی هرچه بیشتر انتشار (از طریق انتقال) رطوبت دانه از بخش مرکزی به سطح آن و افزایش گرادیان رطوبتی در سطح می‌شود [۸ و ۹]. تغییر دما و گرادیان‌های رطوبتی نقش مؤثری بر ترکیبات غذا مانند نشاسته و پروتئین دارد. در این راستا تغییر حالت نشاسته (از شیشه‌ای به لاستیکی و بالعکس) در برنج عامل مهمی در پتانسیل تولید ترک و خرد شدن حین عملیات خشک کردن و دورهٔ استراحت شناخته شده است [۹]. نتایج مطالعات استیفی و همکاران (Steffe *et al.*, 1979) نشان می‌دهد که استراحت‌دهی شلتوک طی عملیات خشک کردن باعث سهولت خروج رطوبت از دانه و افزایش درصد برنج سالم تولیدی می‌شود اما روی بازده کل تبدیل اثر قابل توجهی ندارد.

مدت زمان استراحت بسیار متغیر است و بستگی به دمای مورد استفاده دارد. طی مرحلهٔ استراحت، هرچه دما بالاتر باشد دوره آن کاهش می‌یابد [۹].

برخی از محققان از دورهٔ استراحتی معادل ٦ تا ٢٤ ساعت استفاده و ذکر کردند که این دوره باعث بهبود درصد برنج سالم می‌شود. البرت و همکاران (Elbert *et al*. 2001) در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که افزایش مدت زمان استراحت دهی به افزایش درصد برنج سالم تولیدی می‌انجامد. چوو و آتاپول (Chouw & Athapol , 2001) نشان دادند که استراحت‌دهی ۱۲ ساعته به دنبال خشک کردن شلتوک به روش بستر سیال و خشک کردن در سایه باعث افزایش درصد برنج سالم می‌شود. آنها همچنین نشان دادند که به کارگیری خشک کردن یک مرحله‌ای (بدون وقفه) در هر دو حالت، دمای بالا و دمای پایین در سیستم بستر سیال منجر به کاهش درصد برنج سالم تولیدی می‌شود. مطالب فوق با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

۶- نتیجه‌گیری:

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- برای رقم خزر با رطوبت اولیهٔ ۱۹-۲۲ درصد، خشک کردن سه مرحله‌ای و برای شلتوک با رطوبت اولیه ۱۵/۵-۱۷ درصد، خشک کردن طی دو مرحله به کار بسته شود.

۲- انجام طرح‌های تحقیقاتی در ارتباط با اثر خشک کردن چند مرحله‌ای بر سایر ارقام شلتوک، و بررسی دما و دامنهٔ مناسب توقف بین مراحل خشک کردن طرح‌های تحقیقاتی دیگری اجرا شود.

۷- مراجع:

۱- جهاندیده ، ح. ۱۳۷٤. بررسی کاهش ضایعات در مراحل تبدیل شلتوک به برنج سفید. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی. دانشگاه تربیت مدرس.

۲- خوش تقاضا، م. و م. سلیمانی. ۱۳۷۸. تأثیر پارامترهای خشک کن برشکنندگی برنج. علوم کشاورزی. سال پنجم. شمارهٔ ۲۰ . ٤۹ -٦۲.

۳- خوش ضمیر، ع. ۱۳۷۲. تعیین درجه حرارت مناسب جهت خشکاندن سه رقم برنج متداول. گزارش پژوهشی.

٤- کیان مهر، م.، توکلی، ت. و خوش تقاضا، م.۱۳۸۰. بررسی اثر دما و جهت جریان هوا بر تغییرات رطوبت و زمان خشک کردن شلتوک در خشک کن‌های توده‌ای، علوم کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی. سال هفتم. شمارهٔ ۱، ۱۷-۲۹.

5- Aguerre, R., Suarez, C. and Viollaz, P. E. 1986. Effect of drying on the quality of milled rice. J. of Food Tech. 21 (1): 75-80.

6- Beny, J. M. and C. S. Ngin. 1970. Multiple drying of paddy (rice) in the humid tropics. J. Agric. Eng. Res. 15 (4): 364-74.

7- Chouw, I. and Athapol, N. 2001. Effect of drying air temperature and grain temperature of different types of dryer and operation on rice quality. Drying Tech. 19 (2), 389- 404.

8- Cihan, A. and Ece, M. C. 2001. Liquid diffusion model for intermittent drying of rough rice. J. of Food Eng. 49: 327-331.

9- Cnossen, A. G. and Siebenmorgen, T. J. 2000. The glass transition temperature concept in rice drying and tempering effect on milling quality. Transactions of the ASAE. 43(6): 1661-1667.

10- Elbert, G., Tolaba, M. and Suarez, C. 2001. Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. J. of Food Eng. 47(1): 37 - 41.

11- Imoudu, P. B. and Olufayo, A. A. 2000. The effect of sun drying on milling yield and quality of rice. Bioresource Tech. 74, 267-269.

12- Indudhara Swamy, Y. M and Bhattcharya, K. R. 1982. Breakage of rice during milling and type of cracked in immature grains. J. of Food Sci. Tech. 9, 106.

13- Javare, G. S. and Reddy, S. R. 1987. Optimization of drying parameters in paddy seeds. Seed Res. 15 (2): 176-182.

14- Juliano, B. 1985. Rice chemistry and technology. Published by the american association of cereal chemists, Ins. St. Paul, Mine USA.774pp.

15- Kent, N. L. 1982. Technology of cereals: An introduction for students of food scince and agriculture. Third Ed. P: 185.

16- Kunze, O. R. 1985. Effect of environment and variety on milling qualities of rice. Texas University College Station USA. Agric. 22, 532-541.

17- Li, Y., Cao, C. Yn, Q. and Zhong, Q. 1999. Study on rough rice fissuring during intermittent drying. Drying Tech. 17 (9): 1779 - 1793.

18- Rao, K. L. 2000. Rural Agro - Industrial opportunities in Gilan province of islamic republic of Iran. FAO. 126 pp.

19- Soponronnarit, S. and Prechakul, P. 1990. Experiments on instore and batch of paddy quality of product. J. Natural. Sci. 24(3): 367-377. Rice Abs. 1992. P: 53.

20- Steffe, J. F., Singh, R. P. and Bakshi, A. S. 1980. Influence of tempering time and cooling on rice milling yields and moisture removal. Transactions of the ASAE. 22 (5): 1214 - 1218.

21- Toshizo, B. 1971. Rice cracking in high rate drying. JARQ. 6 (2): 113-116.

The Effect of Multi Pass Drying on Milling Yield and Drying Time of Paddy

K.Tajaddodi Talab

In this study, the Khazar variety has been used. The statical analysis was carried out using factorial experiment by Completely Randomized Design (CRD) with three replications. The factors were initial moisture content of paddy in two level (16.3% ± 0.7 and 20.5% ± 1.5 in wet basis) and drying method in three level (one, two and three pass drying). The percentage of brown rice, head rice, broken rice and drying time were analyzed. In the first year, paddy with moisture content 19.6%, the single pass drying had 39.3% head rice (minimum amount) and three pass with 42.9% had maximum head rice.The maximum head rice was obtained with the two and three pass methods, and the minimum percent of head rice was associated with the single pass method in paddy with moisture content 15.70%. The result of second year showed that multi pass (three) drying with 56.6% maximum and single pass with 52.7% minimum amout of head rice were obtained when moisture content paddy was 21.80%. The minimum and maximum head rice were obtained in single and three pass drying method with 52.5% and 55.8% respectively for initial moisture content of paddy 16.20%. The result of this study showed that drying procedure was not significant on milling yield. The multi pass procedure was more efficient and economic because the dryer was used only when the kernel surfaces were relatively moist, as a result of tempering. In conclusion for Khazar variety with moisture content of 19.0-22%, three pass was an appropriate method and with moisture content of 15.5-17.0%, the method of two pass drying was recommended.

Key words: Paddy, Multipass Drying, Rice Milling