Archive of SID

بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد ترک و خرده برنج در اثر خشک کردن شلتوک طی فرآیند تبدیل[1]

سعید مینایی ، غلامرضا روحی و محمد رضا علیزاده[2]

۱- چکیده:

شلتوک یکی از غلات عمده است و قبل از انبارداری و در ابتدای فرآیند تبدیل نیاز به خشک کردن دارد. بخش مهمی از ضایعات برنج (بروز ترک‌های اولیه)، در مرحلهٔ خشک کردن روی می‌دهد. برای بررسی تأثیر عوامل مختلف بر ضایعات برنج در هنگام خشک کردن، فرآیند خشک‌کردن در قالب طرح آماری کرت‌های دوبار خرد شده با چهار پارامتر: رقم شلتوک (بینام و علی کاظمی)، دمای هوای خشک کن (در سه سطح ٤٠، ٥٠ و ٦٠ درجهٔ سانتی‌گراد، رطوبت نهایی شلتوک بر اساس وزن تر (در سه سطح ١٠، ١٢ ، و ١٤درصد) و ضخامت لایه شلتوک درمخزن خشک کن (در سه سطح ٠-١٠، ١٠-٢٠، و ٢٠-٣٠ سانتی‌متر) ، انجام گرفت تا تأثیر اصلی و همچنین اثر متقابل پارامترهای مذکور بر میزان ترک ایجاد شده طی خشک کردن و درصد خرد برنج پس از تبدیل بررسی شود. طی این تحقیق مشخص شد که رقم کاظمی نسبت به رقم بینام حساسیت بیشتری به عوامل ایجاد ترک دارد. همچنین میزان برنج خرد شده پس از تبدیل برای رقم کاظمی بیشتر از رقم بینام است. طبق بررسی‌های آماری، دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد هوای خشک‌کن، دمای مناسبی برای خشک کردن شلتوک از نظر میزان ترک ایجاد شده در این مرحله و کاهش خرده برنج پس از تبدیل است. رطوبت مناسب شلتوک جهت انجام عملیات تبدیل برای این دو رقم، ١٤درصد تشخیص داده شد. با افزایش ضخامت لایه شلتوک درون مخزن خشک‌کن، میزان ترک و خرده برنج ایجاد شده به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

۲- واژه‌های کلیدی:

درصد ترک، درصد خرده برنج، دمای هوای خشک کن، رطوبت نهایی دانه، شلتوک.

۱- برگرفته از

۲- به ترتیب عضو هیآت علمی گروه مکانیک ماشینها کشاورزی – دانشگاه تربیت مدرس. تلفن : ١٤٩٦٤٠٧ (٠٢١)
دورنگار : ٤١٩٦٥٢٤ (٠٢١) ، پیام نگار : minaee 7 @ hot mail . com کارشناس ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی و عضو هیآت علمی بخش فنی و مهندسی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت.

www.SID.ir

Archive of SID

۳- پیشگفتار:

برنج یکی از مهم‌ترین اقلام غذایی در جهان است. میلیون‌ها نفر از آن به عنوان غذای اصلی و یا یکی از غذاهای اصلی استفاده می‌کنند. در کشور ما نیز برنج بعد از گندم، مادهٔ اصلی غذای مردم را تشکیل می‌دهد و با توجه به افزایش جمعیت و محدودیت‌های‌افزایش سطح زیرکشت این محصول، یکی‌ازمهم‌ترین راهبردها،تلاش برای کاهش ضایعات در عملیات تبدیل شلتوک به‌برنج سفید است.

تحقیقات نشان می‌دهد که در بازارهای جهانی در صورت وجود خرده برنج در محصول عرضه شده برای فروش، قیمت آن با توجه به شرایط تا یک دهم برنج مرغوب کاهش می‌یابد [۹]. یکی از مراحل تولید برنج خشک کردن شلتوک است که از نظر ایجاد ضایعات مرحلهٔ مهمی به شمار می‌آید. تنش‌های وارد شده به دانهٔ برنج در این مرحله و ترکهای ایجاد شده، از نظر میزان خرده برنج تاثیر زیادی در کیفیت برنج سفید حاصل دارد. نتایج تحقیقات عارفی و همکاران (۱۳۷۳) نشان می‌دهد که به کارگیری دمای۳۵درجه سانتی گراد برای خشکاندن شلتوک ارقام آمل۳ و هراز به دلیل کاهش میزان خرده برنج، نسبت به دمای۳۰درجه مناسب‌تر است. کیانمهر (۱۳۸۰)، تحقیقی با عنوان بررسی عوامل موثر فیزیکی در ترک خوردگی شلتوک در خشک کن با جریان معکوس شونده انجام داد. وی نتیجه گرفت که زمان خشک شدن محصول فقط بستگی به دمای هوای ورودی به خشک کن دارد و متاثر از سایر عوامل همچون واریته و جهت جریان نیست و نیز افزایش دما از ۳۵ به ٦۵ درجهٔ سانتی‌گراد، میزان ترک خوردگی را ٤۵ درصد افزایش می‌دهد. خوشحال و مینایی (۱۳۸۲)، ضمن طراحی و ساخت یک خشک کن عمودی لایه نازک و مقایسه عملکرد آن با خشک کن سنتی متداول، نتیجه گرفتند که استفاده از خشک‌کن جدید به جای دستگاه‌های سنتی، سبب ۳۱ درصد کاهش مصرف انرژی،۱۸ درصد کاهش مصرف ویژهٔ سوخت، ۵۷ درصد کاهش زمان خشکاندن، و کاهش بیش از۲۹ درصد ضایعات می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که دما و زمان خشکاندن (نسبت به سایر پارامترهایی مثل سرعت هوا، رقم، و رطوبت اولیهٔ محصول) بیشترین اثر را بر ترک خوردگی دانهٔ برنج دارد [۱٤]. در ارتباط با ترک خوردن دانه باید گفت که این حالت هنگامی رخ می‌دهد که تنش حاصل از تغییرات رطوبت، از مقاومت کششی دانه تجاوز کند [۱۳]. تحقیقات وایست و همکاران (Wiset, *et al*., 200*1*) نشان می‌دهد که خشک کردن شلتوک با خشک کن بستر سیال، نسبت به خشک کن بستر ثابت مخزنی، ضایعات کمتری ایجاد می‌کند. جولیانو (Juliano,1985) با توجه به تحقیقات مختلف، رطوبت نهایی مناسب را برای تبدیل ۱٤ درصد می‌داند.

با توجه به اهمیت اقتصادی ضایعات برنج، بررسی راه‌های کاهش ضایعات در عملیات پس از برداشت محصول برنج، به ویژه در مرحلهٔ خشک کردن قبل از تبدیل شلتوک به برنج سفید، اهمیت بالایی دارد. لذا در این تحقیق علاوه بر تاثیر رقم و رطوبت نهایی شلتوک، اثر دمای هوای خشک کن و عمق قرارگیری شلتوک درون محفظهٔ خشک کن نیز

www.SID.ir

Archive of SID

بر میزان افزایش ترک برنج قهوه‌ای و برنج خرد ایجاد شده پس از تبدیل بررسی شد.

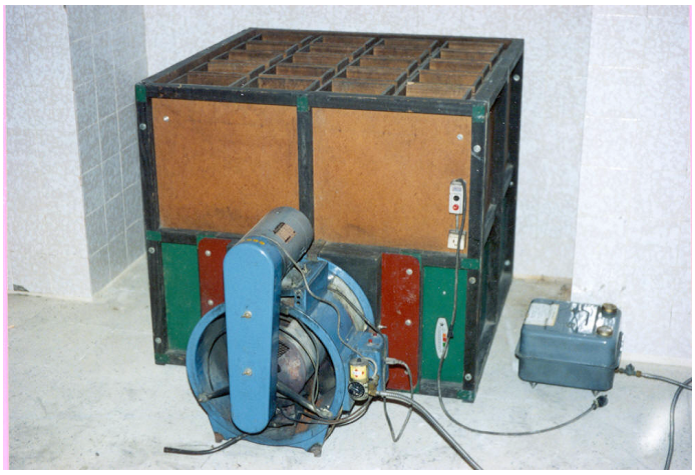
۴- مواد و روش‌ها:

- مواد:

در این تحقیق از دو رقم شلتوک بینام و علی کاظمی (۱۵۰ کیلوگرم از هر رقم) استفاده شد. سایر مواد و وسایل مورد استفاده عبارت بودند از:

خشک کن آزمایشگاهی (بستر ثابت) مارک هیتاچی[۱] ژاپن، رطوبت سنج الکترونیکی مدل GMK-303RS ساخت کره (با دقت ۰/۱ بر پایهٔ‌تر)، ترک بین نوری، پوست کن آزمایشگاهی غلتک لاستیکی مارک ساتاکه[۲] ژاپن و سفیدکن آزمایشگاهی مارک بالدور[۳] آمریکا (ظرفیت ۱۰۰ تا ۱۲۰ گرم برنج قهوه‌ای).

برای خشک کردن نمونه‌ها و رساندن رطوبت آنها به سطوح مورد نیاز، از خشک کن آزمایشگاهی ذکر شدهٔ موجود در موسسهٔ تحقیقات برنج کشور استفاده شد. این دستگاه از نوع ثابت بستر افقی است (شکل شمارهٔ ۱). سه قسمت اصلی این دستگاه عبارت اند از: جعبه های شلتوک، محفظهٔ هوای گرم، و مشعل. بیست جعبه به ابعاد ۳۰×۲۰×۱۰سانتی متر ظرفیت هر یک حدود ۳/۵ کیلوگرم است در این دستگاه وجود دارد. مشعل خشک کن نفت سوز است و با یک دمنده، گرمای حاصل از سوختن نفت را به درون محفظهٔ هوای گرم (مخزن) که زیر جعبه‌های شلتوک واقع است، غیرمستقیم می‌دمد و موجب به جریان افتادن هوای گرم از لایه‌های شلتوک می‌شود. دمای درون محفظه با دماسنجی اندازه گیری می شود که در بدنهٔ آن نصب شده است. با شیر تنظیم سوخت می‌توان دمای هوا را تغییر داد. ترک بین و پوست کن در دانشگاه تربیت مدرس ساخته شده و عملکرد آن مورد تأیید قرار گرفته بود[۴] [۲]. آزمایش ها در تابستان ۱۳۸۰ و در مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد.



شکل شمارهٔ ۱- خشک‌کن نوع ثابت بستر افقی آزمایشگاهی

www.SID.ir

Archive of SID

1- Hitachi 2- Satake 3- Baldor

– روش‌ها: برای کسب اطلاعات بیشتر در این زمینه به مرجع شماره ۲ مراجعه شود

فرآیند خشک کردن شلتوک در قالب طرح آماری کرت‌های دوبار خرد شده با چهار عامل: دمای هوای خشک کن (عامل اصلی) در سه سطح ٤٠، ٥٠، و ٦٠ درجهٔ سانتی‌گراد، رقم شلتوک (عامل فرعی اول) علی کاظمی و بینام، رطوبت نهایی شلتوک (عامل فرعی دوم) در سه سطح ۱۲،۱۰، و ١٤ درصد بر پایهٔ تر، و ضخامت لایهٔ شلتوک در مخزن (عامل فرعی سوم) در سه سطح ۰-۱۰، ۱۰-۲۰، و ۲۰-۳۰ سانتی‌متر در سه تکرار اجرا شد. از هر رقم چهار نمونه ۲۰۰ گرمی شلتوک به طور تصادفی انتخاب و از آنها برای اندازه‌گیری رطوبت و درصد ترک اولیه استفاده شد. برای اندازه گیری رطوبت اولیهٔ شلتوک، ٥ گرم شلتوک (موجود در نمونه‌ها) در محفظه رطوبت سنج الکترونیکی قرار داده شد و با اجرای چهار تکرار مقدار رطوبت اولیه برای رقم‌های کاظمی و بینام به ترتیب ۱۵درصد و ۱۵/۵درصد به دست آمد. جهت اندازه گیری درصد ترک اولیه دانه برنج (قبل از خشک کردن)، از هر نمونه ۲۰۰ گرمی، پوست تعدادی شلتوک جدا گردید و از آنها ٥٠ عدد برنج قهوه‌ای کامل انتخاب و روی دستگاه ترک بین قرار داده شد. تعداد دانه‌های دارای ترک تعیین و با استفاده از روش تناسب، درصد ترک اولیه مشخص شد. با اجرای چهار تکرار، مقدار ترک اولیه برای رقم کاظمی ٢٤درصد و برای رقم بینام ۱۲درصد محاسبه شد. پس از به دست آوردن اطلاعات اولیه، محصول برای خشک کردن آماده سازی شد.

۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی متری مشخص شد تا در هنگام نمونه برداری مشکلی پیش نیاید. در آزمایش اول، دمای خشک‌کن روی ٦٠ درجه سانتیگراد تنظیم شد. تعداد ۹ جعبه با شلتوک رقم کاظمی و ۹ جعبه دیگر با رقم بینام تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری پر و به طور تصادفی در خشک‌کن جاگذاری شدند. دو جعبهٔ باقیمانده نیز با شلتوک اضافی پر شد تا پارامترهای مؤثر بر خشک کردن مانند دمای هوا ثابت باشد. پس از شروع عملیات خشک‌کنی، رطوبت شلتوک-های سطح بالایی جعبه‌ها هر ۱۰ دقیقه یک بار با رطوبت سنج الکترونیکی تعیین می‌شد. وقتی رطوبت شلتوک‌ها به ١٤ درصد رسید، از آنها نمونه‌گیری شد. شش جعبه (سه جعبه حاوی رقم بینام و سه جعبه حاوی رقم کاظمی)، از خشک‌کن خارج شدند. هر یک از سه جعبهٔ مربوط به یک رقم، نماینده یک تکرار بود. یعنی سه جعبه برداشته شده از رقم بینام نشان دهنده سه تکرار مربوط به دمای هوای ٦٠ درجه سانتی گراد خشک‌کن، و رطوبت ١٤ درصد است. سپس جای خالی آنها با بلوک های چوبی پر می‌شد تا دمای هوای خشک‌کن پایین نیاید و خشک کردن برای رسیدن به رطوبت‌های پایین‌تر (۱۰و۱۲ درصد) ادامه یابد. از جعبه‌های خارج شده نمونه برداری می‌شد. از هر عمق مشخص شده، ۱۸۰ گرم شلتوک پس از وزن شدن و در پلاستیک‌هایی ریخته می‌شد که مشخصات نمونه (تکرار، رقم، دمای هوای خشک‌کن، رطوبت، و عمق نمونه برداری) روی آن مشخص شده بود. عملیات خشک کردن برای

www.SID.ir

Archive of SID

رسیدن به رطوبت‌های ۱۲ و ۱۰ درصد در همین دما ادامه یافت و به همان صورت ذکر شده نمونه‌گیری به عمل آمد. روز بعد، دمای هوای خشک‌کن روی $50^{\circ}C$ تنظیم و تمام مراحل انجام شده در فرآیند خشک کردن در دمای $60^{\circ}C$ مجدداً اجرا شد. به همین ترتیب روز بعد نمونه‌گیری‌های مربوط به دمای $40^{\circ}C$ نیز ادامه یافت. در پایان نمونه گیری‌های ٥٤ تیمار با سه تکرار، ١٦٢ نمونه حاوی ۱۸۰ گرم شلتوک خشک شده در دماهای ٤٠، ٥٠ و ٦٠ درجهٔ سانتی‌گراد، رطوبت‌های ۱۰، ۱۲ و ١٤ درصد بر پایهٔ تر از دو رقم کاظمی و بینام با ضخامت لایه‌های نمونه گیری ۳۰-۲۰، ۲۰-۱۰ و ۱۰-۰ سانتی متر به دست آمد.

این نمونه‌ها به آزمایشگاه بخش فنی و مهندسی موسسه تحقیقات برنج کشور برده شد. از هر تیمار تعدادی شلتوک انتخاب شد، پس از پوست کندن ۵۰ دانه برنج قهوه‌ای کامل (نشکسته) و قرار دادن آنها روی دستگاه ترک بین، درصد ترک هر تیمار مشخص شد. با میانگین گیری از سه تکرار برای هر تیمار، درصد ترک تیمار پس از خشک کردن مشخص شد. سپس مقادیر به دست آمده از درصد ترک تیمار، از میزان درصد ترک اولیه کم شد تا افزایش درصد ترک هر تیمار مشخص شود. بدین ترتیب، تاثیر پارامترهای مورد نظر بر ترک ایجاد شده (افزایش درصد ترک) قابل بررسی شد. در ادامه، نمونه‌ها به آزمایشگاه صنایع غذایی بخش فنی و مهندسی انتقال داده شد و عملیات تبدیل روی آنها صورت گرفت. در هنگام پوست‌کنی، فاصلهٔ بین غلتک‌های پوست‌کن مطابق تحقیقات پیمان (۱۳۷۹) ۰/۵۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. زمان سفیدکنی نیز برای همه تیمارها ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شد. از هر تیمار ۱۵۰ گرم شلتوک وزن و با دستگاه

پوست‌کن، پوست آنها جدا شد. از برنج قهوه‌ای به دست آمده، ۱۰۰ گرم توزین و وارد دستگاه سفیدکن شد. پس از ۳۰ ثانیه سفیدکنی، برنج سفید حاصل درون کیسهٔ پلاستیکی حاوی مشخصات تیمار و تکرار قرار داده شد تا درصد خرده برنج آن محاسبه شود. برای این کار از هر تیمار ۳ تکرار ۵ گرمی از برنج سفید برداشت شد. سپس با الک‌های موجود در آزمایشگاه و به کمک پنس، برنج سفید سالم از برنج خرد[1] جدا و درصد آن تعیین شد. با میانگین گیری از سه تکرار نمونه‌های ۵ گرمی، درصد خرده برنج هر تیمار به دست آمد و با میانگین گیری نهایی از سه تکرار اصلی، درصد خرده برنج نهایی هر تیمار مشخص می‌شد. جهت تبدیل داده‌ها به توزیع نرمال از تابع y=arcsin(x^0.5) استفاده [۱] و نتایج تجزیهٔ واریانس و آزمون دانکن با نرم افزار MSTATC استخراج شد.

۵- یافته‌ها:

بر اساس نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌های حاصل از آزمایش، که در جدول شمارهٔ ۱ داده شده است، نتایج زیر استنتاج می‌شود:

تاثیرات اصلی کلیهٔ متغیرها بر میزان ترک ایجاد شده در برنج قهوه‌ای معنی‌دار است. اثر متقابل رقم و دما (C×T)، رقم و رطوبت (C×M)، دما و رطوبت (T×M)، رقم و ضخامت لایه (C×D)، و دما و ضخامت لایه (T×D) نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار

۱- کلیه دانه های خرد شده و سر شکسته برنج به عنوان خرده برنج در نظر گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

است. اما اثر متقابل رطوبت و ضخامت لایهٔ شلتوک (M×D) بر میزان ترک ایجاد شده معنی‌دار نیست.

١٠٢

تأثیرات اصلی کلیهٔ متغیرها بر میزان خرده برنج ایجاد شده در برنج سفید حاصل از تبدیل معنی‌دار است. نتایج تجزیهٔ واریانس اثرهای متقابل بر میزان درصد خرده برنج ایجاد شده، مانند نتایج آنها بر درصد ترک دار است که ذکر شد.

با بررسی نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن مشخص می‌شود که رقم کاظمی در مقایسه با رقم بینام نسبت به عوامل ایجاد ضایعات حساسیت بیشتری دارد و میزان درصد ترک و برنج خرد ایجاد شده در آن به طور معنی‌دار بیشتر از رقم بینام است (شکل شمارهٔ ٢) به طوری که درصد ترک در رقم علی‌کاظمی در مقایسه با بینام به طور متوسط ٥٢/٥ درصد بیشتر است. همچنین، آزمون دانکن نشان می‌دهد که میزان درصد ترک و برنج خرد ایجاد شده به طور میانگین برای دو رقم بینام و علی کاظمی در سه سطح دمای هوای خشک کن اختلافی معنی دار با یکدیگر دارند (شکل شمارهٔ ٣). نمودار نشان می‌دهد که بالارفتن دما موجب افزایش میزان ترک‌خوردگی می‌شود. این تأثیر در دمای ٥٠ درجه و ٦٠ درجه بیشتر مشهود است.

جدول شمارهٔ ١- نتایج تجزیهٔ واریانس صفات مورد بررسی*

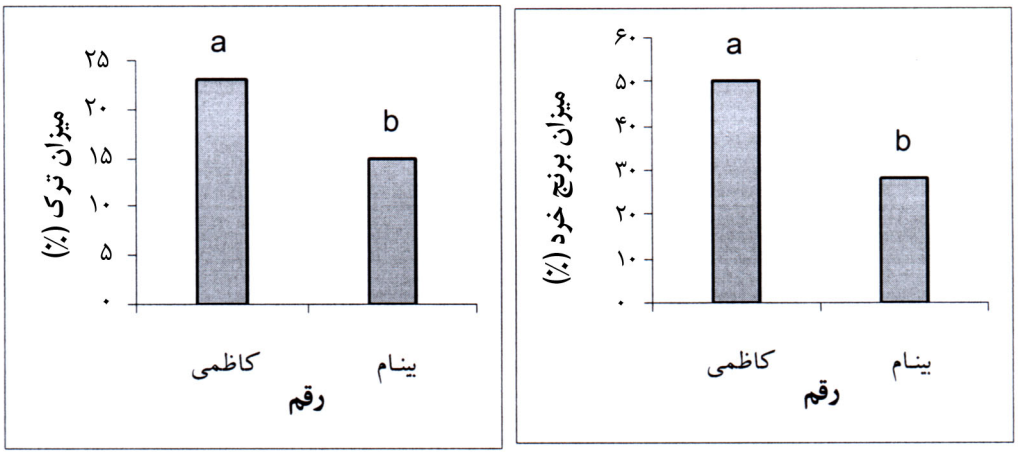
منبع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات (MS)	
		افزایش ترک	خرده برنج سفید
تکرار	٢	٢٤/٧٤٩n.s.	٦/٦٧٦ n.s.
رقم (C)	١	٩٦١/١٦٧	٦٥٧٠/١٤٥
دما (T)	٢	٣٩٣٤/٢٩٧	٢٩٧٨/٢٩٨
رطوبت (M)	٢	٥٤٠/٣٦٠	٢٨٢/٢٧٥
عمق (D)	٢	٥٣٧/٧٥٦	٣٦٥/٧٥٢
رقم×دما (C×T)	٢	٦٠/٦٩١	٩٩/٥٢٠
رقم×رطوبت (C×M)	٢	١٨٧/٧٩٨	٣٠٣/٩٢٩
رقم×عمق (C×D)	٢	١٥٩/١٥٧	٤٩/٣٧٧
دما×رطوبت (T×M)	٤	٤٦٦/٣٨٩	٤٦٨/٢٧٠
دما×عمق (T×D)	٤	٢١٦/٢٦٤	٢٦٢/٣١٨
رطوبت×عمق (M×D)	٤	٢٩/٩٠n.s.	٢٧/٦٤٠n.s

***کلیه موارد فوق در سطح احتمال ١٪ معنی دار هستند.**

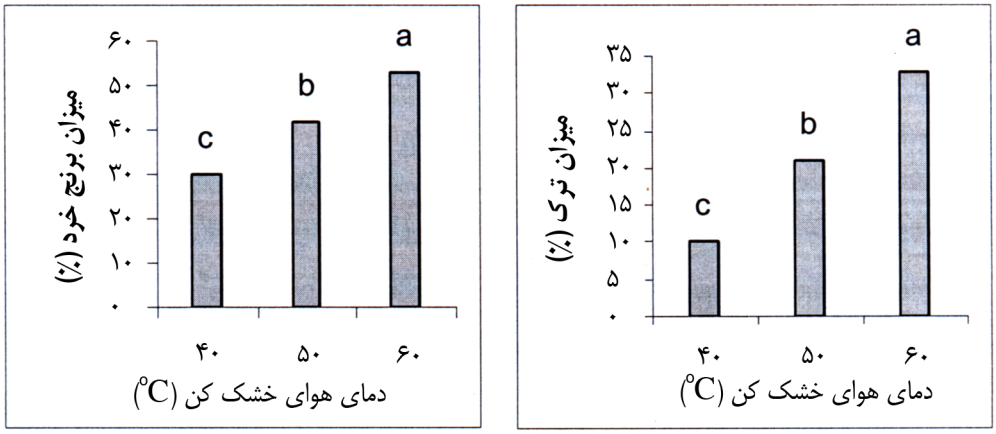
n. s. : نبود اثر معنی دار.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ۲- نمودار میانگین درصد ترک و برنج خرد ایجاد شده برای دو رقم شلتوک

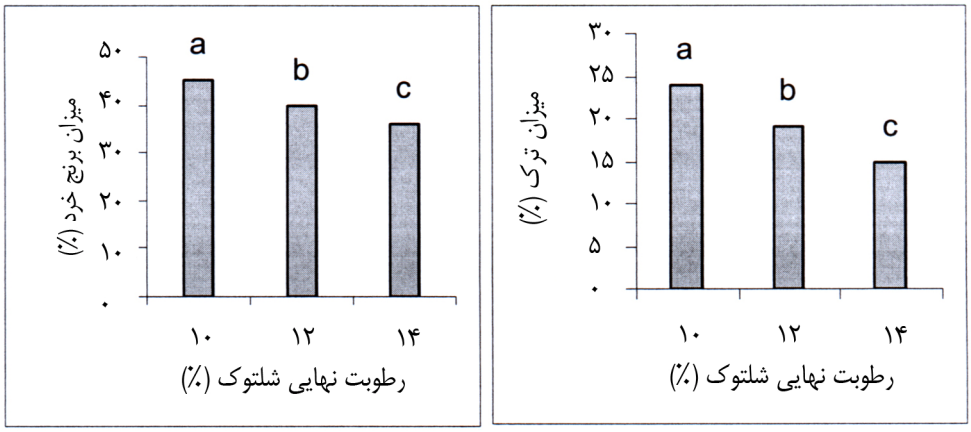


شکل شمارهٔ ۳- نمودار اثر دمای هوای خشک کن بر میزان درصد ترک و برنج خرد ایجاد شده

طبق نتایج جدول شماره ۱، اثر رطوبت نهایی شلتوک بر میزان درصد ترک و برنج خرد ایجاد شده معنی‌دار است. نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که کاهش رطوبت نهایی شلتوک تا ۱۰٪ باعث افزایش معنی‌دار میزان ترک و برنج خرد می‌شود. شکل شمارهٔ ٤ مقایسهٔ بین میانگین درصد برنج خرد و ترک ایجاد شده در دو رقم بینام و علی کاظمی نشان داده شده است. با افزایش رطوبت شلتوک از ۱۰ به ۱٤ درصد، میزان برنج خرد و میزان ترک دانه به‌طور متوسط درحدود ۱۰درصد کاهش می‌یابد.

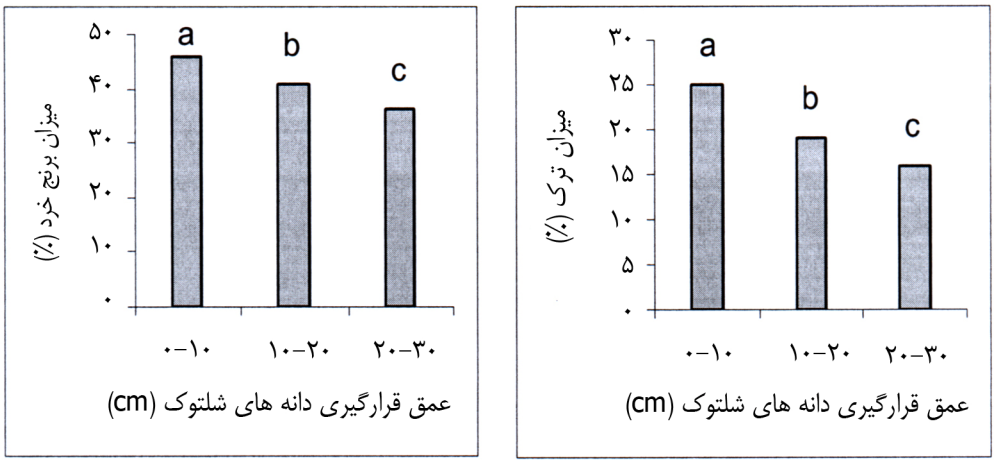
www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ٤- نمودار اثر رطوبت نهایی شلتوک بر میزان درصد ترک و برنج خرد ایجاد شده

همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، ضخامت لایه شلتوک درون محفظهٔ خشک کن، تاثیری معنی‌دار بر درصد ترک و برنج خرد ایجاد شده دارد (جدول شمارهٔ ۱). هر چه فاصلهٔ دانه‌های شلتوک از کف مخزن خشک کن (محل ورود هوای گرم) بیشتر شود، درصد ترک و برنج خرد ایجاد شده کاهش می‌یابد. میانگین میزان برنج خرد در لایهٔ ۱۰-۰ سانتی‌متر ٤٥ درصد و در لایهٔ ۳۰-۲۰ سانتی‌متر در حدود ۳۵ درصد است که به طور متوسط ۱۰ درصد کاهش یافته است. همچنین میزان ترک دانه در ضخامت لایهٔ ۱۰-۰ سانتی متر ۲۵ درصد و در لایهٔ ۳۰-۲۰ سانتی‌متر در حدود ۱٦ درصد است (که در حدود ۹ درصد کاهش نشان می‌دهد). شکل شمارهٔ ۵ درصد برنج خرد و ترک ایجاد شده را به طور میانگین برای دو رقم بینام و علی کاظمی در سطوح مختلف عمق قرارگیری شلتوک نشان می دهد.



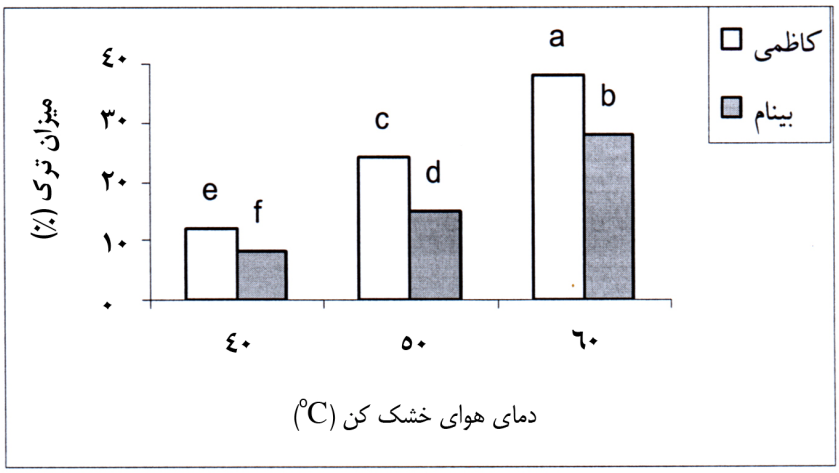
شکل شمارهٔ ۵- نمودار اثر ضخامت لایهٔ شلتوک درون محفظهٔ خشک کن بر درصد ترک و برنج خرد

www.SID.ir

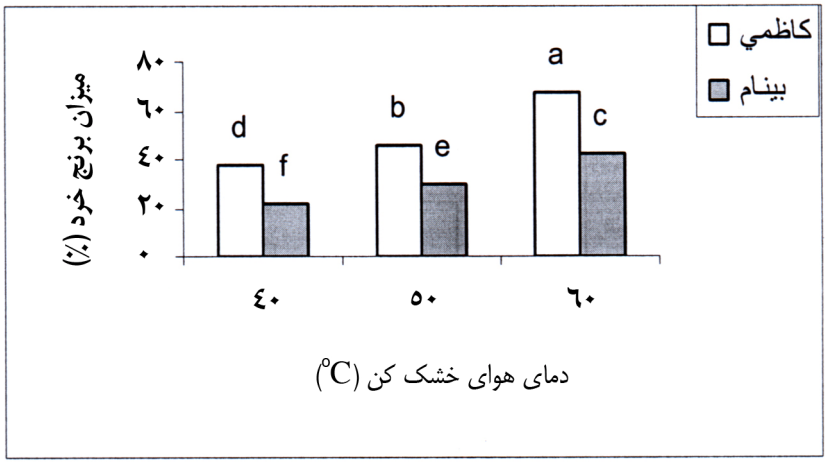
Archive of SID

بررسی اثر متقابل رقم و دما نشان می‌دهد که برای هر سه سطح دمای مورد آزمایش، میزان ترک ایجاد شده در رقم علی کاظمی بیشتر از بینام است. از طرفی، افزایش دمای هوای خشک کن برای هر دو رقم باعث افزایش معنی دار در میزان درصد ترک می‌شود (شکل شمارهٔ ٦). نتیجه بررسی این اثر متقابل بر میزان برنج خرد ایجاد شده پس از تبدیل نیز مانند اثر آن بر میزان درصد ترک است (شکل شمارهٔ ۷).

اثر متقابل رقم و رطوبت بر میزان ترک ایجاد شده معنی دار است (جدول شمارهٔ ۱). در رطوبت ۱٤٪، از نظر میزان ترک ایجاد شده در دو رقم اختلافی معنی‌دار وجود ندارد. ولی در دو سطح رطوبتی دیگر (۱۲٪ و ۱۰٪)، اختلافی معنی دار مشاهده شد (شکل شمارهٔ ۸). علت این موضوع را باید در خواص فیزیکی و حساسیت ارقام به تنش‌های رطوبتی جستجو کرد. در این آزمایش‌ها مشخص شد که رقم علی‌کاظمی در مقایسه با رقم بینام در ایجاد ترک حساسیت بیشتری دارد.



شکل شمارهٔ ٦- نمودار اثر متقابل رقم و دما بر میزان ترک ایجاد شده پس از خشک کردن



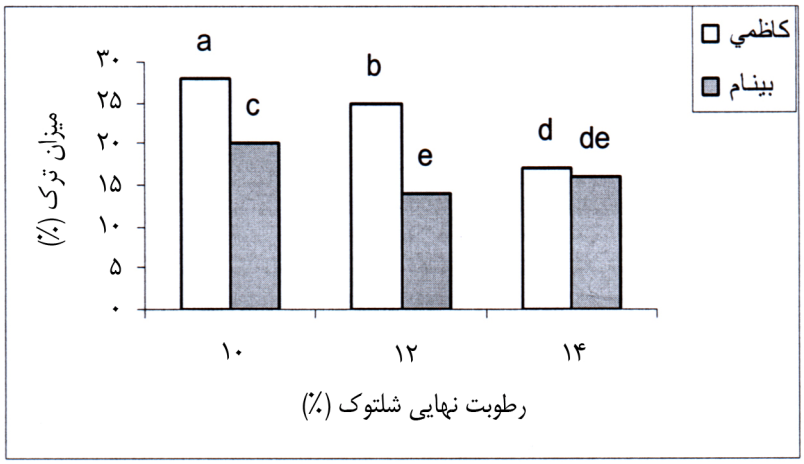
شکل شمارهٔ ۷- نمودار اثر متقابل رقم و دما بر میزان برنج خرد ایجاد شده پس از تبدیل

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجهٔ بررسی حاکی از معنی‌دار بودن اثر متقابل رقم و رطوبت بر میزان خرده برنج ایجاد شده است (جدول شمارهٔ ۱). در تمام سطوح رطوبتی، میزان برنج خرد ایجاد شده برای رقم علی کاظمی بیشتر از رقم بینام است که با نتایج مربوط به درصد ترک مطابقت دارد (شکل شمارهٔ ۹). در هر دو رقم، از نظر میزان برنج خرد ایجاد شده در سطوح رطوبتی ۱۲٪ و ۱۰٪، اختلافی معنی‌دار وجود ندارد. ولی بین این دوسطح و سطح رطوبتی ۱٤٪، اختلافی معنی‌دار مشاهده می‌شود (شکل شمارهٔ ۹). کاهش درصد ترک در رطوبت بالاتر از ۱۰٪ عامل اصلی کاهش درصد برنج خرد در مرحلهٔ تبدیل است. برای کاهش درصد رطوبت به‌میزان ۱۰٪، تنش‌های حرارتی بیشتری بردانهٔ شلتوک وارد می‌شود و درنتیجه میزان برنج خرد در مرحلهٔ تبدیل (پوست‌کنی و سفید کردن) افزایش می‌یابد.

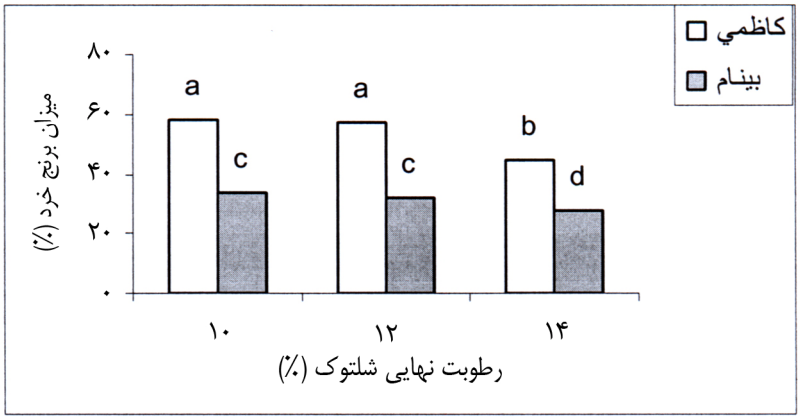
بررسی اثر متقابل دما و رطوبت نشان می‌دهد که در رطوبت ۱٤٪، از نظر ترک ایجاد شده در دو سطح دمای $50^{\circ}C$ و $60^{\circ}C$ اختلافی معنی‌دار وجود ندارد. ولی در همین سطح رطوبتی، بین ترک ایجاد شده در دو دمای ذکر شده و دمای $40^{\circ}C$ اختلافی معنی‌دار وجود دارد و کاهش معنی‌داری هست (شکل شمارهٔ ۱۰). طبق نتایج مندرج درشکل شماره ۹، در دو سطح رطوبتی ۱۰٪ و ۱۲٪، با افزایش دمای هوای خشک کن، درصد ترک ایجاد شده افزایش می‌یابد، برای رطوبت ۱۰٪ افزایش ترک بیشتر است. اثر متقابل دما و رطوبت بر میزان خرده برنج ایجاد شده، مانند اثر آن بر درصد ترک ایجاد شده است (شکل شمارهٔ ۱۱).



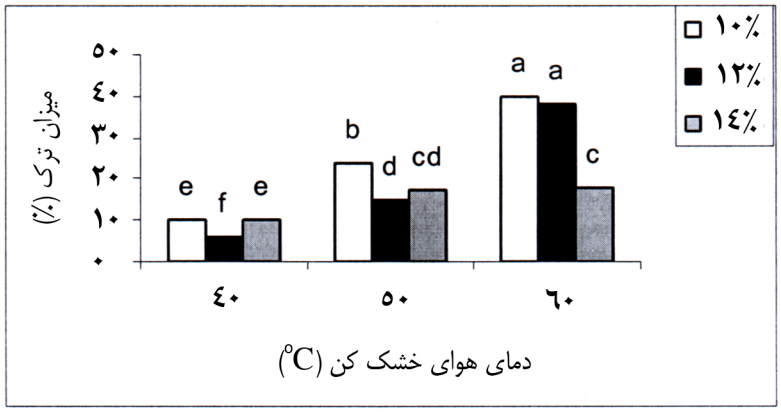
شکل شمارهٔ ۸- نمودار اثر متقابل رقم و رطوبت بر میزان ترک ایجاد شده پس از خشک کردن

www.SID.ir

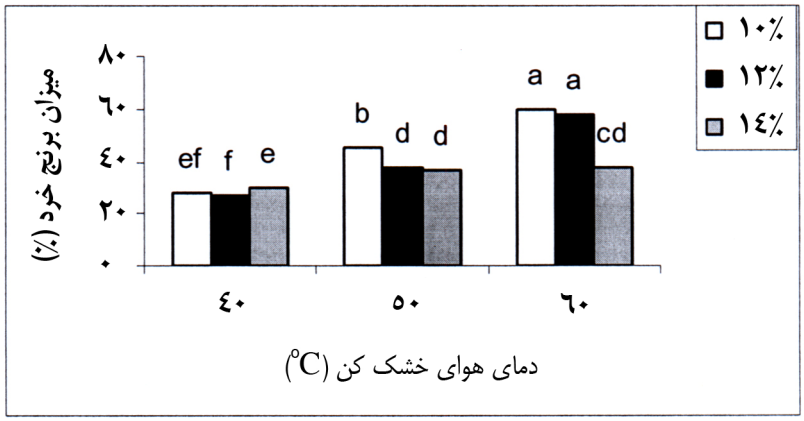
Archive of SID



شکل شمارهٔ ۹- نمودار اثر متقابل رقم و رطوبت بر میزان برنج خرد ایجاد شده پس از تبدیل



شکل شمارهٔ ۱۰- نمودار اثر متقابل دما و رطوبت بر میزان ترک ایجاد شده پس از خشک کردن



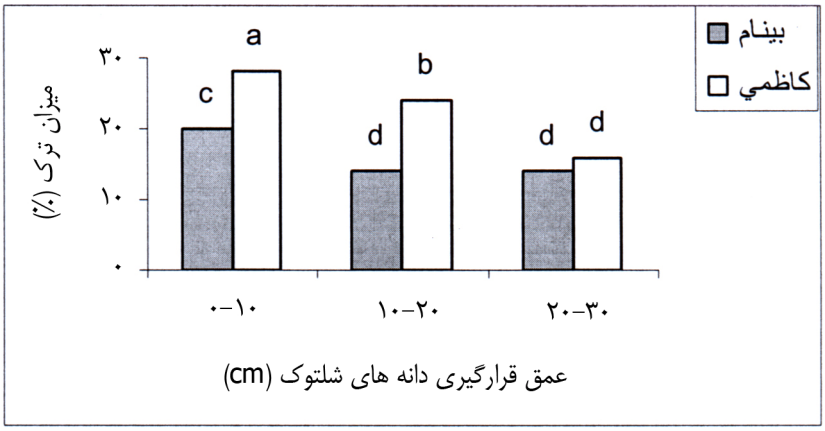
شکل شمارهٔ ۱۱- نمودار اثر متقابل دما و رطوبت بر میزان برنج خرد ایجاد شده پس از تبدیل

www.SID.ir

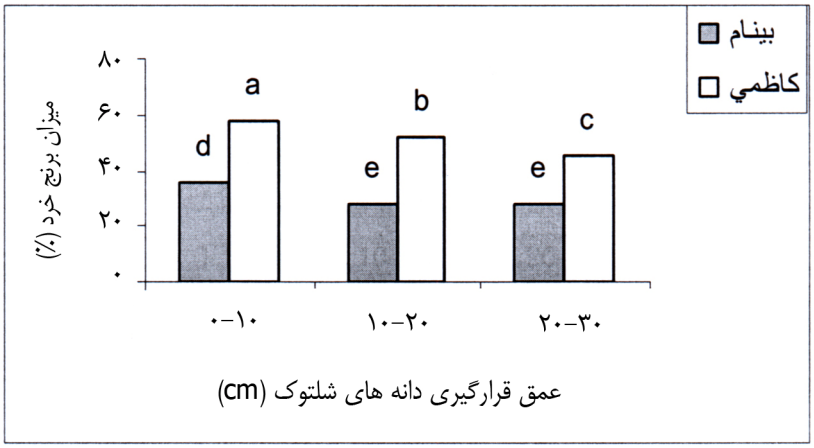
Archive of SID

اثر متقابل رقم و ضخامت لایهٔ شلتوک در محفظهٔ خشک کن بر میزان ترک ایجاد شده معنی‌دار است (جدول شمارهٔ ۱). شکل شمارهٔ ۱۲ نشان می‌دهد که برای هر دو رقم، بیشترین ترک ایجاد شده در عمق ۱۰-۰ سانتی متری قرارگیری دانه‌های شلتوک دیده می‌شود. همچنین مشاهده می‌شود که بین دو رقم از نظر ترک ایجاد شده در عمق ۳۰-۲۰ سانتی متری اختلافی معنی دار وجود ندارد (شکل شمارهٔ ۱۲).

بررسی اثر متقابل فوق بر میزان خرده برنج ایجاد شده (شکل شمارهٔ ۱۳) نشان می‌دهد که در سه ضخامت لایهٔ شلتوک، درصد خرده برنج ایجاد شده رقم *کاظمی* به طور معنی‌دار بیشتر از رقم بینام است. ولی در رقم بینام، ضخامت لایه‌های ۳۰-۲۰ و ۲۰-۱۰ سانتی متری از نظر خرده ایجاد شده اختلافی معنی‌دار با یکدیگر ندارند.



شکل شمارهٔ ۱۲- نمودار اثر متقابل رقم و عمق بر میزان ترک ایجاد شده پس از خشک کردن



شکل شمارهٔ ۱۳- نمودار اثر متقابل رقم و عمق بر میزان برنج خرد ایجاد شده پس از تبدیل

www.SID.ir

Archive of SID

۶- کاوش:

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که رقم علی کاظمی در مقایسه با رقم بینام دارای نسبت به عوامل موثر در ایجاد ضایعات حساسیت بیشتری دارد. رقم *بینام* از ارقام دانه کوتاه و رقم علی کاظمی از ارقام دانه بلند است. تحقیقات نشان می‌دهد که ارقام دانه بلند نسبت به ارقام دانه کوتاه حساسیت بیشتری به عوامل ایجاد ترک و خردشدن دارند و درصد خرد شدن آنها در شرایط یکسان بیشتر است [۱۶].

نتایج نشان می‌دهد که دمای هوای خشک کن تاثیر بسزایی در میزان درصد ترک و خرد برنج ایجاد شده دارد. افزایش دمای هوای خشک کن تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد، موجب افزایش معنی دار در ترک و میزان برنج خرد می‌شود. علت این امر دفع سریع رطوبت شلتوک در دماهای بالاست که باعث ایجاد تنش ناگهانی کششی در سطح و تنش فشاری در مرکز دانه می‌شود [۱۵]. نتایج تحقیقات سلیمانی (۱۳۷۷) نیز نشان می‌دهد که افزایش دمای هوای خشک کن از ۳۰ به ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجهٔ سانتیگراد، باعث کاهش کیفیت تبدیل و افزایش میزان خرده برنج می‌شود. نتایج تحقیقات جمعه و یاماشیتا (Juma and Yamashita, 1987) نیز نشان می‌دهد که با افزایش دمای هوای خشک کن، درصد ترک ایجاد شده افزایش می‌یابد.

کاهش رطوبت نهایی شلتوک تا ۱۰٪ باعث افزایش در میزان ترک و خردشدگی برنج می‌شود. تحقیقات سلیمانی (۱۳۷۷) نشان می‌دهد که خرده برنج ایجاد شده در رطوبت نهایی ۱۰/۵٪ به طور معنی‌دار بیشتر از زمانی است که رطوبت نهایی ۱۴٪ باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که هرچه فاصلهٔ قرارگیری دانه‌های شلتوک از کف مخزن بیشتر شود، درصد ترک و خردشدگی به طور معنی-دار کمتر می‌شود. دلیل آن، تنش حرارتی بیشتر در دانه‌های شلتوک نزدیک به کف خشک‌کن به علت تماس با هوای گرم است. از سوی دیگر، مدت زمانی که طول می‌کشد تا لایه‌های بالایی رطوبت خود را از دست بدهند، بیشتر از زمانی است که دانه‌های شلتوک واقع شده در لایه‌های پایینی محفظه خشک کن رطوبت خود را از دست می‌دهند و این تفاوت زمانی، موجب کاهش بیشتر رطوبت دانه‌های شلتوک لایه‌های پایینی و در نتیجه ایجاد ترک بیشتر می‌شود. نتایج بررسی‌های هاشمی سلیمانی (۱۳۷۴) نشان می‌دهد که ضخامت لایهٔ شلتوک در معرض هوای گرم، بر ضایعات برنج تاثیر گذار است. بررسی‌های رفیعی (۱۳۷۶) نیز نشان می‌دهد که میزان ضایعات در لایه‌های زیرین تودهٔ شلتوک داخل مخزن خشک‌کن، به طور معنی‌دار بیشتر از لایه‌های بالایی است.

۷- توصیه و پیشنهاد:

از یافته‌های این تحقیق می‌توان توصیه‌ها و پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه داد:

۱- تبدیل ارقام حساس به شکست، از لحاظ دمای هوای خشک‌کن، رطوبت نهایی شلتوک و ضخامت لایه شلتوک در خشک‌کن باید با کنترل و دقت بیشتری صورت گیرد.

۲- رطوبت نهایی شلتوک در هنگام تبدیل در

www.SID.ir

Archive of SID

کارخانه‌های برنجکوبی با دقت سنجیده شود تا عملیات تبدیل با حداقل ضایعات همراه باشد. محدودهٔ رطوبتی ١٤-١٢ درصد را می‌توان برای تبدیل این دو رقم (بینام و علی کاظمی) پیشنهاد کرد.

٣- با توجه به تاثیر ضخامت لایهٔ شلتوک در محفظهٔ خشک کن بر میزان ضایعات، توصیه می‌شود که ضخامت لایهٔ شلتوک درون خشک کن‌های سنتی کمتر از ٢٠ سانتی متر در نظر گرفته شود.

٤- برای کاهش ضایعات تبدیل، باید دمای هوای خشک کن را کاهش داد تا تنش‌های ایجاد شده در اثر کاهش ناگهانی رطوبت باعث افزایش ترک در دانه برنج نشود. با توجه به نتایج این تحقیق، دمای ٤٠ درجهٔ سانتی‌گراد توصیه می‌شود.

٥- به منظور کاهش زمان خشک‌کردن و جلوگیری از کاهش کیفیت برنج تبدیل شده، اثر پارامترهای تحقیق در انواع خشک‌کن‌های دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرد.

٨- منابع:

١- ارقامی، ن و بزرگ نیا، ا. ١٣٧٠. آمار چند متغیره کاربردی. (تالیف کارت سویو استاوا). چاپ اول. آستان قدس رضوی، ٤٢٠ ص.

٢-پیمان، م. ١٣٧٩. بررسی عوامل شکستگی دانه در فرآیند پوست‌کنی شلتوک. رساله دوره دکتری مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

٣- خوشحال، م و مینایی، س. ١٣٨٢. بهینه سازی مصرف انرژی در فرآیند خشکاندن شلتوک با استفاده از خشک کن عمودی لایه نازک. مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی انرژی،٧٨٢-٧٧٣.

٤-رفیعی، ش. ١٣٧٦. بررسی روش متداول خشک کردن شلتوک. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

٥-سلیمانی، م. ١٣٧٧. تاثیر پارامترهای خشک‌کن بر خصوصیات کیفی در شکنندگی برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

٦- عارفی، ح، باباپور، ج، اشراقی، ا. و فقیه نصیری، ز. ١٣٧٣. بررسی و تعیین بهترین درصد رطوبت شلتوک هنگام تبدیل به برنج سفید و تعیین راندمان تبدیل ارقام آمل٣ و هراز. گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات برنج شمال، مازندران.

٧-کیانمهر، م. ١٣٨٠. بررسی عوامل موثر فیزیکی در ترک خوردگی شلتوک در خشک‌کن با جریان معکوس شونده هوا. رساله دوره دکتری مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

www.SID.ir

Archive of SID

۸- هاشمی سلیمانی، س. ۱۳۷٤. طرح بهینه سازی خشک‌کن ثابت بستر افقی با بررسی ضایعات. پایـان نامـه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

9- Courtois, F., Abud, M. and Bonazzi, C., 2001. Modeling and Control of a Mixed-Flow rice dryer with emphasis on breakage quality. Journal of Food Engineering, 49: 303-309.

10- Juliano, B. O., 1985. Rice, Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists.

12- Juma Omar, S. and Yamashita, R., 1978. Rice Drying, Husking and Milling. Part1, Drying. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 18(2): 43-46.

13- Kunze, O. R. and Chudhury, M., 1972. Moisture adsorption related to the tensile strenght of rice., In: Rice, Production and Utilization. Ed. Bor S. Luh, AVI Publishing Co, INC. 49: 684-696.

14- Mondoza, E. E. and Rigor, A. C., 1983. Quality deterioration in on from level of operation, Naphir project. Research Reports of food Terminal, Manila.

15- Teter, N., 1987. Paddy Drying Manual. FAO of the United Nations.

16- Wiset, L., Srzednicki, G. and Driscoll, R., 2001. Effects of high temperature drying on rice quality. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript. FP01003.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation of the Effects of Drying Parameters on Rice Cracking and Breakage During Milling

Paddy, is one of the principal grains, and before storage, and at the beginning of the milling process needs to be dried. A major part of grain losses occurs during drying. In order to examine the different factors affecting rice losses due to the drying process, the following research was conducted. The experimental design that used in this research was A split-split plot design having four factors of rice variety (*Beenam* and *Kazemi*) , drying air temperature (40, 50 and 60°C), final paddy moisture content (10, 12 and 14% w.b.) and depth of grain in the drying bin (0-10, 10-20 and 20-30 cm) at three replication. Effects of these factors on percentage of cracked (after drying) and broken rice kernels (after milling) were investigated. Results of the experiments showed that *Kazemi* variety is more sensitive to cracking than *Beenam* variety is. Paddy moisture content of 14% was found to be appropriate for milling of both varieties. Beside, statistical analysis of the data indicated that suitable temperature for drying of padd is 40°C. In this way, the cracked and broken grains are reduced after milling. Amount of cracking as well as rice breakage (after milling) going up with increasing depth of paddy in the dryer bin.

Key words:

www.SID.ir