تاثیر خسارات کیفی دانه حین عملیات برداشت در رطوبت های مختلف بر ضایعات روغن و انرژی طی فرآیند خشکاندن کلزا

زهراسادات هاشمی[۱]، محمد امین آسودار [۲]، سید جعفر هاشمی[۳] و سید عطاءاله سیادت[٤]

۱ و ۲ و ٤_ به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۳_ استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

fatemeh_hashemi48@yahoo.com

چکیده

وجود دانه‌های آسیب‌دیده و ناخالصی در محصول کلزای برداشت‌شده باعث کاهش بازدهی خشک‌کن و ایجاد ضایعات روغن و انرژی می‌گردد. جهت بررسی میزان تاثیرگذاری این خسارات بر ضایعات، پژوهشی در دشت‌ناز ساری در سال ۱۳۸۸ توسط آزمایشاتی با طرح پایه کاملا تصادفی با رطوبت برداشت در سطوح ۲۵، ۲۰ و ۱۵ درصد و شیوه‌ی خشکاندن در سطوح مستقیم بستر کم‌عمق، مستقیم بسترعمیق و غیرمستقیم انجام‌شد. نتایج نشان‌می‌دهد، دامنه مقادیر ضایعات پس از برداشت شامل ۲/۱٪ تا ۱/۳٪ دانه‌ی آسیب‌دیده، ضایعات پس از خشکاندن بصورت افزایش ترک و کاهش روغن دانه به میزان ۱/۹٪ تا ۰/۵٪ و ۲/٦٪ تا ۱/۲٪ و دامنه مقادیر انرژی مصرفی و نسبت مصرف انرژی ٦۸۲/٤۵ تا ۱۷۱/٤۱ کیلوژول بر ثانیه و ۰/٦۳٤ تا ۰/۲۸۵ و ضایعات انرژی جهت خشکاندن ناخالصی‌ها ۳/٦۸ تا ۱۳/٦۸ کیلوژول بر کیلوگرم بار ورودی بوده‌است. درنهایت رطوبت برداشت ۱۵٪ و شیوه‌ی خشکاندن غیرمستقیم دارای کمترین مقادیر ضایعات روغن و انرژی بودند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، رطوبت برداشت، شیوه‌ی خشکاندن، ضایعات روغن و انرژی

مقدمه

دانه روغنی کلزا جهت تهیه روغن خوراکی بعنوان یکی از مهمترین منابع غذائی انسان (Leckband et al., 2002) و بزرگ ترین منبع تولید سوخت بیودیزل در دنیاست (Kegl, 2008). غلات و دانه‌های روغنی عموما وقتی که هنوز رطوبت بالایی دارند برداشت می‌گردند، بنابراین باید جهت کاهش یا جلوگیری از ضایعات خشک گردند (Rumsey & Rovedo, 2001). راندمان استخراج روغن ارتباط مستقیم با مراحل برداشت، نگهداری یا انبار نمودن دانه و انتقال آن به کارخانه دارد (Giner & Gely, 2005 and Jakubowska & Szpryngiel, 2008).

علیرغم وجود مقدار زیادی کلروفیل در دانه حین برداشت با رطوبت بالا که موجب افت کیفیت کلزا و افـزایش هزینه‌های تصفیه روغن می‌شود، از مزایای برداشت با رطوبت بالا علاوه بر کاهش فصـل تولیـد زراعـی و ضـایعات ریزش، تاثیر آن بر افزایش دوره برداشت محصول است که در نتیجه سبب بالا رفتن مدت بکارگیری ادوات مکـانیزه برداشت و یا مدیریت بهتر مزارع در فصولی که مشکل کمبود کارگر وجـود دارد، مـی‌گـردد (Tys and Rybacki, 2001). برداشت مستقیم نیز تاثیر مثبتی در افزایش میزان روغن محصول بعلت زمان طولانی‌تر جهت ذخیره‌سازی آن در دانه‌ها، دارد اما این تاثیر مثبت باید در تعادل با تاثیر منفی افزایش ریزش محصول در هنگام برداشت با تـاخیر، در نظر گرفته‌شود (Mills, 1996). برداشت با رطوبت بالا و به شیوه برداشت مستقیم با کمباین باعث ایجاد آسیب‌های فیزیکی ماکرو و میکروی دانه‌های کلزا می‌گردد که مهمترین پارامتری است که مسـتعد تاثیرگـذاری بـر پارامترهـای کیفی دیگر محصول کلزا مثل محتوای روغن و ترکیب اسیدهای چرب، در حـین عملیـات خشـکاندن و پـس از آن می‌باشند (Jakubowska & Szpryngiel, 2008). Szpryngiel et al. (1995) یکی از علل صدمه دیدن دانه کلزا هنگام برداشت با دماغه استاندارد را، تیغه‌های رفت و برگشتی دو طـرف دماغـه مـی‌داننـد. کمبـاین برداشـت‌کننـده محصول، غلاف‌های رسیده و خشک کلزا را با میزان دانه‌های شکسته ۰/۱٪ و با ۹۸٪ موفقیت در جداسازی دانه هـا از غلاف، به سادگی خرمنکوبی می‌کند اما در صورت داشتن رطوبت بالاتر نیاز به عملکرد خرمنکوب با شدت بیشتر است که در نتیجه میزان دانه‌های آسیب‌دیده نیز تا ١٤٪ افزایش خواهد یافت (Bruce et al., 2001). حمـل و نقـل دانه‌ها باعث بروز بیش از ۵۰ درصدی کل خسارات وارده در طی فرآیند برداشت و پس از برداشـت محصـول کلـزا می‌گردد و با تاثیر منفی بر خصوصیات کیفی موجب کاهش بهای فروش آن مـی‌گـردد (Stepniewski and Szot, 1995; Tys and Rybacki, 2001; Krasucki et al., 2002; Jakubowska & Szpryngiel, 2008).

دانه‌های آسیب‌دیده و شکسته در حین عملیات تمیزکردن دانه، هدر می‌روند همچنـین درصـد بـالای دانـه‌هـای آسیب‌دیده میزان مقاومت کل توده دانه‌ها را نسبت به جریان هـوا افـزایش داده بـازدهی سیسـتم‌هـای خشـکاندن و خنک‌کن را کاهش می‌دهند (Mills, 1996). در طول فرآیند خشکاندن بعلت نشت روغن از اطـراف محـل آسـیب دیدگی پوسته دانه‌ها، محتوای روغن مواد خام کاهش می‌یابد (Jakubowska & Szpryngiel, 2008). بطور کلـی دانه‌های مرطوبتر نیاز به زمان طولانی‌تر و دمای پایینتر برای خشکاندن دارند (Mills, 1996). بذور سبز علـف‌هـای هرز و ساقه‌ها و غلاف‌های کلزا ممکن است مانع حرکت دانه‌های کلزا در درون خشک‌کن و اتـلاف انـرژی گردنـد (Mills, 1996). نتایج مشابهی توسط محققین مختلف درباره روند افزایشی مصرف انرژی و نسبت مصـرف انـرژی در پی افزایش زمان خشکاندن مقدار مشخص محصول گزارش شده است (Aghbashlo et al., 2009; Corzo et al., 2008; Akpinar et al., 2006). اگرچه در این تحقیقات از رطوبت‌های مختلـف بـه عنـوان عامـل متغییـر در آزمایش استفاده نشده اما سرعت‌های متفاوت تغذیه بار محصول ورودی به خشک‌کن یا تغییر در سـرعت جریـان و دمای هوای خشکاننده که باعث افزایش یا کاهش زمان خشکاندن مقدار معین محصول می‌گردد می‌تواند نتایج قابـل مقایسه ای را درباره میزان مصرف انرژی و نسبت مصرف انرژی با آزمایش مورد نظر مـا کـه شـامل افـزایش زمـان خشکاندن همراه با افزایش رطوبت محصول ورودی به خشک کن می‌شود، در بر داشته باشد.

از نکات مهم برای توسعه سطح زیر کشت کلزا، حفظ کیفیت دانه‌ها در جریان تولید و فرآوری است (ایمان مهر و همکاران، ۱۳۸۵). استان مازندران با دارا بودن ۲۳۰ هزار هکتار سطح زیر کشت برنج که نزدیک به هفتاد درصد آن قابلیت استفاده برای کشت دوم را دارا می‌باشد از استان‌های بالقوه برای افزایش سطح زیر کشت کلزا به حساب می‌آید (همایونی‌فر و ملک‌دار، ۱۳۸٤). بنابراین با توجه به توسعه و گسترش کشت کلزا در منطقه بررسی فرآیندها و عملیات برداشت و پس از برداشت آن، از اهمیت خاصی برخوردار است. هدف از این تحقیق بررسی میزان تاثیرگذاری خسارات کیفی وارده به دانه در رطوبت های مختلف برداشت و نوع خشک کن بر ضایعات روغن و انرژی در حین خشکاندن کلزا وپس از آن و معرفی بهترین رطوبت برداشت بر اساس این شاخص ها می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق در شرکت زراعی دشت‌ناز ساری با ۵۵۰ هکتار سطح زیر کشت کلزا در سال زراعی ۸۸-۸۷، انجام گرفت. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۸ متر و میانگین میزان بارندگی سالیانه آن ۷۰۰-٦۰۰ میلی‌متر می‌باشد. رطوبت نسبی حدود ۷۵٪ و متوسط حداکثر و حداقل درجه حرارت به ترتیب ۲۷ و ۷/۱ درجه سانتی‌گراد است.

در روش برداشت مستقیم از پیش پلتفرم‌های الحاقی در کمباین غلات استفاده می‌گردد. محصول بعد از برداشت بلافاصله به کارگاه خشک‌کنی منتقل شده و بوسیله یکی از خشک‌کن‌ها خشک می‌گردد. نمونه‌های ۱۰ گرمی از دانه کلزا به مدت ٤ ساعت در دمای ۱۳۰ درجه سانتیگراد آون نگهداری و پس از آن درصد رطوبت بر مبنای تر محاسبه می‌گردد (ASAE standards, 2007). با توزین وزن هزار دانه و سپس اندازه‌گیری تعداد دانه‌های سبز و شکسته در نمونه‌های ۱۰ گرمی از هر تکرار، درصد ترک بدست آمد (Barthet & Daun, 2005). درصد ناخالصی کاه و کلش و ساقه درون نمونه‌ها نیز بوسیله الک‌کردن و توزین آنها بدست آمد (Bruce et al., 2001). اندازه‌گیری درصد روغن با استفاده از روش سوکسله (Soxhlet method) انجام گرفت. شیوه‌های خشکاندن شامل خشکاندن مستقیم که از هوای داغ حاوی ترکیبات حاصل از اشتعال استفاده می‌کند و خشکاندن غیرمستقیم که از هوای داغ طبیعی و بدون آلودگی بهره می‌برد. خشک‌کن مستقیم با بستر عمیق جریان پیوسته (LSU (continous (Leyte State University که گرمایش هوای ورودی آن از طریق مشعل و با سوخت گاز طبیعی صورت گرفته وارد دالان هوای گرم شده به طبقات مختلف خشک‌کن منتقل می‌گردد (Akola, 1990) و دارای سیستم تمیزکننده بصورت غربالهای استوانه‌ای دوار است، خشک‌کن غیر مستقیم بخار داغ که از لحاظ ساختاری مشابه خشک‌کن جریان پیوسته است با این تفاوت که گرمایش هوای ورودی آن بوسیله مکش هوا از لابه‌لای لوله‌های پره‌دار شوفاژ مانند که از درون آنها بخارات بسیار داغ جریان دارد، صورت می‌گیرد و دارای سیستم تمیزکننده بصورت الک‌های لرزشی همراه با محفظه جداساز پنوماتیکی است و خشک‌کن مستقیم با بستر کم‌عمق پارویی غلات دارای بدنه‌ای فلزی است که با کمک پاروهای نصب‌شده روی محور اصلی، دانه‌ها را بهم‌زده ضمن تماس دانه‌ها با هوای گرمی‌که از زیر ورق مشبک توسط دمنده به بالا جریان می‌یابد؛ کار تخلیه بار را بعد از انجام مرحله خشک‌شدن دانه‌ها انجام می‌دهد و دارای سیستم تمیزکننده سیکلون می‌باشد (Jayas & Cenkofsky, 2004).

روابط ۱ و ۲ ارتباط پارامترهای مختلف را با انرژی مصرفی خشکاندن در خشک‌کن‌های جریان پیوسته بدست می‌دهد (Aghbashlo et al., 2009; Corzo ey al., 2008; Akpinar et al., 2006).

$$EU = \dot{m}_{ai}\, h_{ai} + \dot{m}_{PF}\, h_{PF} - \dot{m}_{ao}\, h_{ao} - \dot{m}_{PD}\, h_{PD} - \dot{Q}_{defl} \rightarrow h_P = C_P\left(T_P - T_{ref}\right) \quad (1)$$

$$EUR = \frac{EU}{\dot{m}_{ai}\left(h_{ai} - h_{ref}\right)} \quad (2)$$

C = گرمای ویژه $kJ/kg\,^{\circ}C$ — PD, PF = محصول مرطوب و خشک شده

EU = انرژی مصرفی kJ/kg — $\dot{Q}_{defl}$ = گرمای تلف شده از طریق بدنه خشک کن

EUR = نسبت مصرف انرژی (٪) — T = دما $^{\circ}C$

h = آنتالپی ویژه kJ/kg — ai, ao = هوای گرم ورودی و خروجی

$\dot{m}$ = سرعت جریان ماده kg/s — ref = محیط

سنسورهای مورد استفاده در این تحقیق شامل ترمومتر لیزری ST63 با دقت ۰/۲ درجه و دامنه دمایی ۵۰۰- ۲۰- درجه سانتی‌گراد برای اندازه‌گیری دمای بدنه خشک‌کن‌ها، ترمومتر دیجیتال PC9400II با محدوده دمایی ۱۱۰-۱۰- درجه سانتی‌گراد و با دقت ۰/۱ درجه، جهت اندازه‌گیری دمای هوا و دانه‌های ورودی و خروجی از خشک‌کن، بادسنج AM4838 با دامنه سرعت ۳۰-۰/٤ متر بر ثانیه با دقت ۰/۱ برای اندازه‌گیری سرعت هوای خشکاننده ورودی و خروجی از خشک‌کن، رطوبت‌سنج دیجیتال هوا DT-3 در محدوده رطوبتی ۹۹٪-۲۰٪ با دقت ۱٪ و دامنه دمایی ۷۰-۵۰- درجه سانتی‌گراد با دقت ۰/۱ درجه جهت اندازه گیری رطوبت نسبی و دمای هوای ورودی و خروجی از خشک‌کن‌ها، رطوبت‌سنج دیجیتالی دانه GMK-303RS در محدوده رطوبتی ۳۰٪-۸/۳٪ و با دقت ۰/۵٪ و رطوبت‌سنج خازنی دانه که در محدوده وسیع‌تری از رطوبت دانه ها دقیق‌تر عمل می‌کند.

در این تحقیق سه آزمایش مجزا مورد اجرا قرار گرفت. جهت بررسی اثر رطوبت‌های مختلف برداشت بر مقادیر خصوصیات کلزا قبل از خشکاندن آن از آزمایشی با طرح کاملا تصادفی در ۱۸ تکرار، جهت بررسی اثر رطوبت‌های مختلف برداشت و شیوه خشکاندن بر اختلاف مقادیر خسارات کیفی دانه کلزا قبل با بعد از خشکاندن و مقادیر شاخص انرژی بترتیب از آزمایش فاکتوریل با طرح کاملا تصادفی، با ٦ تکرار و آزمایش فاکتوریل با طرح بلوک‌های کاملا تصادفی، در ۳ تکرار استفاده شد. آنالیز داده‌های کمی و کیفی بدست آمده، توسط نرم افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

۱- بررسی خسارات ناشی از برداشت کلزا در رطوبت های مختلف برداشت

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر رطوبت برداشت بر صفات کمی و کیفی کلزا قبل از خشکاندن

منابع تغییر	درجه آزدی	میانگین مربعات		
		درصد ناخالصی	درصد ترک دانه	درصد روغن
رطوبت برداشت	۲	۲/۹۳۵۹٤ ns	۵/۹۹۷٤۲ *	۱۳/۳۰۸٤٦ ns
خطا	۵۱	۲/٦۵۱۲۸	۱/۷۰۳۵۱	۱۰/۱٤۰۸۰
ضریب تغییرات		۷۰/۲۵۹۹۳	٦۲/۰٤۱٤۵	۷/۱٦۳٦۰

***،**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪، ۱٪ و ۵٪ ns عدم اختلاف معنی‌دار

جدول ۲- ضرایب همبستگی میان شاخص‌های مختلف کمی و کیفی کلزا قبل از خشکاندن

شاخص ها	درصد ناخالصی	درصد ترک دانه	درصد روغن
درصد ناخالصی	۱/۰۰۰۰۰		
درصد ترک	-۰/۰۷۱۸۱	۱/۰۰۰۰۰	
درصد روغن	-۰/۰۵۰۹۵	* ** -۰/٤۹۹۳۸	۱/۰۰۰۰۰

***،**و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪، ۱٪ و ۵٪ ns عدم اختلاف معنی‌دار

۱-۱ مقدار ناخالصی موجود در محصول پس از برداشت

بر طبق جدول ۱، علی‌رغم روند کاهشی ناخالصی موجود در محصول برداشت شده همراه با کاهش رطوبت برداشت از ۲/۷ تا ۱/٦ درصد وزنی، از لحاظ آماری این مقادیر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند و در نتیجه رطوبت زمان برداشت بر میزان ورود ناخالصی‌ها به مخزن کمباین تاثیری ندارد. متوسط میزان ناخالصی در محصول برداشت‌شده ۲/۳۲ درصد وزنی اندازه‌گیری شده‌است. اگرچه این مقدار کم بنظر می‌رسد اما بعلت داشتن رطوبت بالا در فرآیند خشکاندن کلزا تاثیرگذار نشان می‌دهد. این ناخالصی‌ها شامل بقایای کپسول دانه‌های خرمنکوبی شده، کپسولهای سالم، تکه‌های کوچک برگ و ساقه گیاه کلزا و علف‌های هرز و بذور کوچک و بزرگ علف‌های هرز بودند. بالا بودن میزان ناخالصی موجود در محصول برداشت‌شده نشان‌دهنده ناکارامدی سیستم تمیزکننده کمباین‌های مورد استفاده‌است (Craessaerts et all., 2010 and Hanna et al., 2007) که باعث افزایش حجم کاری سیستم‌های تمیزکننده خشک‌کن‌ها و در نتیجه کاهش بازده کاری آنها می‌گردد (Mills, 1996). وجود ناخالصی‌ها با رطوبت بالا بعلت ایجاد ضایعات انرژی مصرفی خشک‌کن‌ها و هزینه‌های خشکاندن، اهمیت ویژه‌ای دارد.

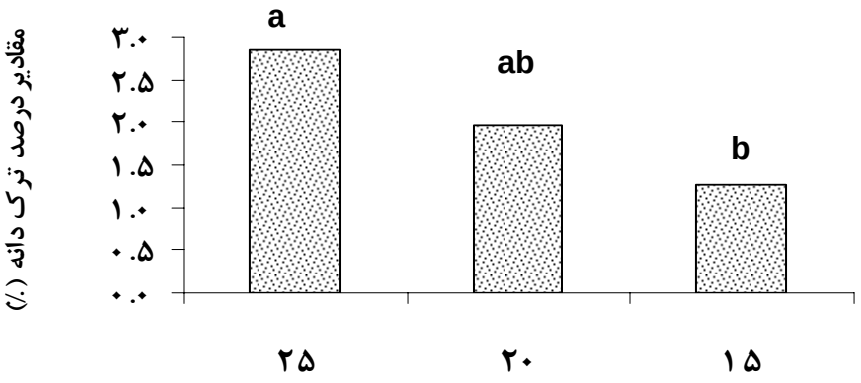
۱-۲ مقدار درصد ترک و روغن موجود در محصول کلزای برداشت شده

بر طبق جدول ۱ افزایش میزان درصد ترک همراه با افرایش رطوبت برداشت از ۱/۳ درصد در رطوبت برداشت ۱۵ درصد به ۲/۱ درصد در رطوبت برداشت ۲۵ درصد است (نمودار ۱). بنظر می‌رسد دانه‌های با رطوبت بالاتر استحکام کمتری در برابر شکست و ترک در حین خرمنکوبی در بخش خرمنکوب کمباین و همچنین در جریان نقل و انتقالات از مزرعه به خشک کن ها، از خود نشان می‌دهند. Bruce et al. (2001) نیز دلیل افزایش میزان دانه‌های آسیب‌دیده را در رطوبت‌های بالاتر، نیاز به شدت عملکرد بیشتر خرمنکوب کمباین برداشت‌کننده محصول، می‌دانند.

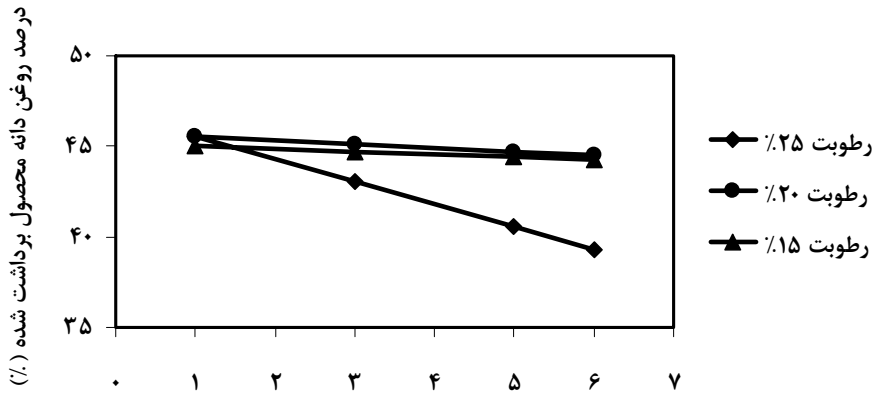
با توجه به جدول ۱، مقادیر درصد روغن تفاوت معنی‌داری را در رطوبت‌های مختلف برداشت از خود نشان نمی‌دهند. این بدان معناست که دانه‌ها در هنگام برداشت در هر سه رطوبت به حد اعلای رسیدگی فیزیولوزیک خود رسیده بوده اند. مقدار میانگین روغن در محصول برداشت شده برابر با ٤٤/۵ درصد بوده‌است.

۱-۳ بررسی همبستگی ترک و روغن دانه درمحصول کلزای برداشت شده

میان درصد ترک با درصد روغن طبق جدول ۲ و نمودار ۲ همبستگی منفی وجود دارد. روند کاهشی درصد روغن نمونه‌ها در پی افزایش درصد ترک آنها در رطوبت برداشت ۲۵ درصد شدت بیشتری به خود می‌گیرد و همانطور که در نمودار دیده می‌شود منحنی مربوطه شیب تندتری نسبت به دیگر منحنی‌ها دارد. Bruce et al. (2001)، Giner & Gely, (2005) و Jakubowska & Szpryngiel (2008) نیز تاثیرگذاری میزان آسیب‌دیدگی دانه‌ها بر مقدار روغن استحصالی از آنها را تایید کرده‌اند.



نمودار ١- مقایسه میانگین اثر رطوبت برداشت بر میزان درصد ترک دانه‌های کلزا قبل از خشکاندن



نمودار ٢- منحنی رگرسیون خطی درصد ترک و درصد روغن دانه‌های کلزای برداشت شده قبل از خشکاندن

٢- بررسی اثر رطوبت برداشت و شیوه خشکاندن بر اختلاف مقادیر ضایعات کلزا قبل با بعد از خشکاندن

جدول ٣- نتایج تجزیه واریانس اثر رطوبت و شیوه خشکاندن بر ضایعات کلزا قبل با بعد از خشکاندن

منابع تغییر	درجه آزدی	میانگین مربعات	
		درصد ترک دانه	درصد روغن
شیوه خشکاندن	٢	٦/٩٣٤١٧ **	٨/٧٨٠٢٤ *
رطوبت برداشت	٢	٢/٤١٥٢٧ ns	٠/٩١٥٢٠ ns
شیوه خشکاندن ×رطوبت	٤	٢/٤٤٣٣٠ *	٢/٠٢٩٩٧ ns
خطا	٤٥	٠/٨٤٥٤٣	٢/٣٧٢٦١
ضریب تغییرات		٧٩/٥٣٤٩٠	-٨٢/١٧٢٢٢

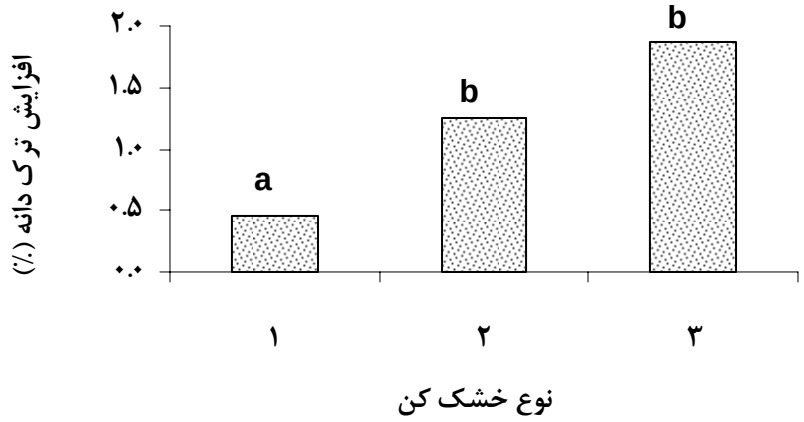
***،**و* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٠/١٪، ١٪ و ٥٪ ns عدم اختلاف معنی‌دار

۱-۲ تفاوت درصد ترک دانه کلزا قبل با بعد از خشکاندن

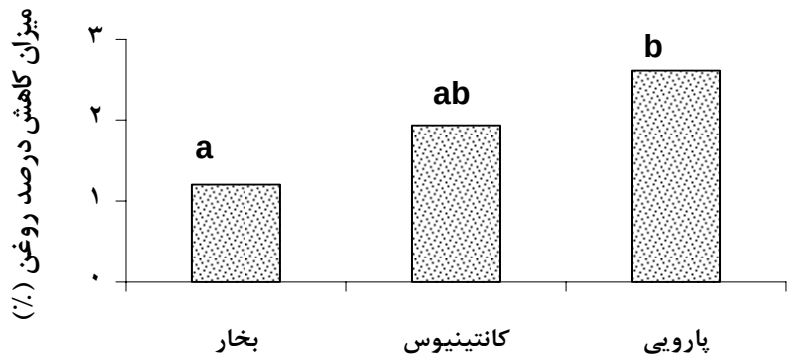
آنالیز واریانس در جدول ۳ و مقایسه میانگین شکل ۳ نشان دهنده روند کاهشی اختلاف درصد ترک از خشک‌کن پارویی به میزان ۱/۹ درصد تا خشک‌کن بخار با مقدار ۰/۵ درصد است. در خشک‌کن پارویی بعلت استفاده از هوای داغ حاوی ترکیبات حاصل از اشتعال که اصطلاحا به آن شیوه خشکاندن مستقیم می‌گویند با دمایی بالاتر از دمای مورد استفاده در خشک‌کن‌های دیگر و همچنین بدلیل خشکاندن محصول با رطوبت ۲۰ و ۲۵ درصد بطور پیوسته و بدون دادن زمان استراحت، درصد شکست دانه‌ها بعد از خشکاندن در این خشک‌کن بیش از خشک‌کن غیر مستقیم بخار که خشکاندن دانه‌های با رطوبت ۲۵ و ۲۰ درصد در آن بترتیب در سه و دو مرحله انجام می‌گیرد، بوده‌است. طبق نتایج تحقیقات استخراج رطوبت زیاد در یک مرحله و بدون زمان استراحت از دانه باعث چروکیدگی و ترک خوردگی پوسته می‌گردد (Mills, 1996 and Dong et all., 2009). طبق نظر Jakubowska & Szpryngiel (۲۰۰۸) خشکاندن دانه‌های کلزا با هوای داغ محتوی ترکیبات حاصل از اشتعال سوخت نسبت به خشکاندن با هوای طبیعی به میزان قابل توجهی مقدار دانه‌های آسیب‌دیده را افزایش می‌دهد.

۲-۲ تفاوت درصد روغن دانه کلزا قبل با بعد از خشکاندن

کاهش ۲/٦ و ۱/۲ درصدی محتوای روغن دانه‌ها به ترتیب در خشک‌کن‌های پارویی و بخار بوده است (شکل ٤). کاهش بیشتر درصد روغن در نمونه‌های خشک‌شده توسط خشک‌کن پارویی بعلت استفاده از دماهای بالاتر، خشکاندن پیوسته و بدون استراحت دانه‌ها و ایجاد دانه‌های آسیب‌دیده بیشتر در حین خشکاندن و وجود همبستگی منفی میان درصد روغن با درصد ترک ذانه کلزا (که در بالا به آن اشاره شده) است. Bruce, et al. (۲۰۰۱)، Giner & Gely. (۲۰۰۵) و Jakubowska & Szpryngiel. (۲۰۰۸) نیز میزان آسیب‌دیدگی دانه‌ها را در مقدار روغن استحصالی از آنها تاثیرگذار می‌دانند. جاکوبوفسکا و اسپرینگیل (۲۰۰۸) تفاوت میان درصد چربی نمونه‌های تک‌دانه‌ای کلزای خشک‌شده در فضای آزاد و درصد چربی نمونه‌های خشک‌شده در خشک‌کن‌های هوای داغ را حدود ۰/۳ درصد گزارش کرده‌است. مقادیر ضایعات روغن با وجود معنی دار نشدن دارای روند کاهشی طی کاهش رطوبت برداشت از ۱/۷۱ تا ۲/۱۵٪ بوده است که میتواند بدلیل روند افزایشی ضایعات ترک باشد.



نمودار۳- مقایسه میانگین اثر نوع خشک کن بر میزان اختلاف درصد ترک دانه ی کلزا قبل و بعد از خشکاندن



نمودار٤- مقایسه میانگین اثر نوع خشک کن بر اختلاف درصد روغن کلزا قبل و بعد از

۳- بررسی شاخص مصرف انرژی و نسبت مصرف انرژی خشک‌کن‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به رطوبت و خشک‌کن‌های مختلف آزمایش در جدول ٤ نشاندهنده معنی‌دار بودن روند کاهشی شاخص مصرف انرژی و نسبت مصرف انرژی خشک‌کن‌ها بدنبال کاهش رطوبت برداشت کلزا طبق نمودار ٥ و ٦ است. با توجه به رابطه ۱ افزایش مصرف انرژی (EU) خشک‌کن‌ها جهت خشکاندن کلزا با رطوبت بالاتر بدلیل شدت بیشتر افزایش انرژی ورودی به سیستم نسبت به هدر رفت انرژی از آن توسط بدنه و هوای خشکاننده خروجی، به وقوع می‌پیوندد. نتایج مشابهی توسط محققین مختلف درباره روند افزایشی مصرف انرژی و نسبت مصرف انرژی در پی افزایش زمان خشکاندن مقدار مشخص محصول گزارش شده است (Aghbashlo et al., 2009; Corzo ey al., 2008; Akpinar et al., 2006). در واقع زمان مورد نیاز برای خشکاندن توده‌ای از غلات به متغیرهای مختلفی چون ضخامت بستر دانه‌ها در مسیر جریان هوا، جرم حجمی و محتوای رطوبت اولیه و نهایی دانه، دمای خشکاندن، سرعت جریان مواد، دما و رطوبت نسبی هوای ورودی بستگی دارد (Rumsey & Rovedo, 2001).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس اثر رطوبت برداشت و شیوه خشکاندن بر شاخص‌های مصرف انرژی

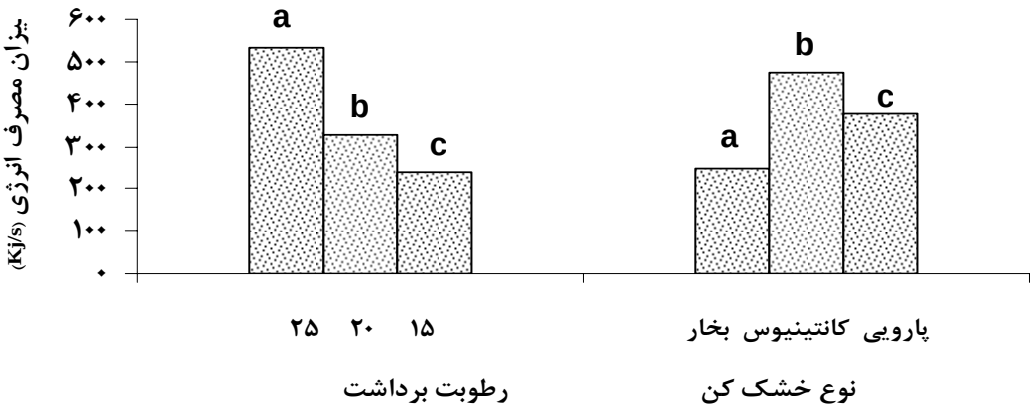
منابع تغییر	درجه آزدی	میانگین مربعات	
		مصرف انرژی (Kj/s)	نسبت مصرف انرژی
بلوک	۲	۰/٦٤٢٦٠ *	۰/۰۰۰۱**
نوع خشک کن	۲	۷۷٦۸۹/۰٤۰۸٦ ***	۰/۰۳۱۷۲***
رطوبت برداشت	۲	۱۳٥٥۹۷/٥۷۹۰۹ ***	۰/۰۱۲٤۷ ***
خشک کن×رطوبت	٤	۳٦۰٦۳/۷٦۳۸۹***	۰ ۰/۰۰۰۷٥ ***
خطا	۸	۰/۸	۰/۰۰۰۰۰٥
ضریب تغییرات		۰۸۷	۰/٤۱۱۷۳

***،**و* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪، ۱٪ و ٥٪، ns عدم اختلاف معنی‌دار

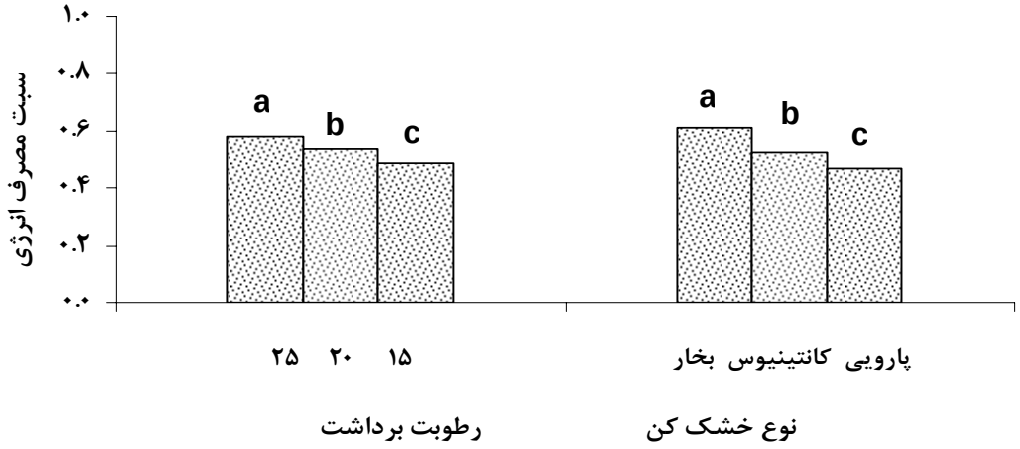
جدول ۵- مشخصات کارکردی هر کدام از خشک‌کن‌ها در هر سه سطح رطوبت برداشت

نوع خشک کن	رطوبت برداشت خشکاننده (C°)	میانگین دمای هوای (m/s)	سرعت جریان هوای خشکاننده (ton)	ظرفیت هر بچ خشک‌کن یک بچ (hr)	زمان خشکاندن (C°)	دمای محیط (درصد)	رطوبت نسبی
بخار	٪۲۵	۵۰	۲	۲٤/۸۸	۱۹/۳	۲٤-۲۳	٦۹
بخار	٪۲۰	۵۰	۲	۲٦/۱۲	۱۰/۸	۲٤-۲۳	٦۹
بخار	٪۱۵	۵۰	۲	۲۷/۰۵	۵/۳	۲٤-۲۳	٦۹
کانتینیوس	٪۲۵	٦۰	۱/۷	۳۱/۳۹	۹/۳۳	۲٤-۲۳	۷۲
کانتینیوس	٪۲۰	۵۵	۱/۷	۳۰/۳	۵/٦	۲٤-۲۳	۷۲
کانتینیوس	٪۱۵	۵۰	۱/۷	۲۷/۸۲	۳/٦	۲٤-۲۳	۷۲
پارویی	٪۲۵	۸۵	۰/۵۷	۲/۰۳	۰/۷۵	۲٤-۲۳	٦۹
پارویی	٪۲۰	٦۹/۵	۰/۵۷	۲/۱	۰/٦۳	۲٤-۲۳	٦۹
پارویی	٪۱۵	٦۲	۰/۵۷	۲/۱۳	۰/٤۷	۲٤-۲۳	٦۹

درباره اثر معنی‌دار عامل شیوه خشکاندن بر شاخص مصرف انرژی و نسبت مصرف انرژی، طبق نمودارهای ۵ و ٦ خشک‌کن کانتینیوس با ٤۷۵/۸ کیلوژول بر ثانیه و خشک‌کن بخار با ۲٤۸/۸ کیلوژول بر ثانیه بیشترین و کمترین مقادیر مصرف انرژی و همچنین خشک‌کن بخار با میزان نسبت مصرف انرژی ۰/٦۱۱ و خشک‌کن پارویی با ۰/٤٦۷ بیشترین و کمترین مقادیر این شاخص را به خود اختصاص داده اند. بالاتر بودن نسبت مصرف انرژی در خشک‌کن بخار طبق رابطه ۲ نشان می‌دهد این خشک‌کن درصد بیشتری از انرژی ورودی به سیستم را بطور مفید برای عمل خشکاندن استفاده کرده اتلاف انرژی کمتری نسبت به دیگر خشک‌کن‌ها دارد.



نمودار ۱- مقایسه میانگین اثر نوع خشک کن و رطوبت برداشت بر مقادیر شاخص مصرف انرژی



نمودار ۲- مقایسه میانگین اثر نوع خشک کن و رطوبت برداشت بر مقادیر شاخص نسبت مصرف انرژی خشک کن ها

نتیجه گیری

نتایج تحقیق نشان می دهد که افزایش رطوبت برداشت باعث افزایش ضایعات ترک و روغن محصول کلزا شده بازدهی سیستم تمیز کننده را کاهش می دهد. همچنین شاخص‌های انرژی و اکسرژی خشک‌کن‌ها به استثنای نسبت مصرف انرژی، در رطوبت‌های کمتر برداشت بهبود می‌یابند. مصرف انرژی ویژه در رطوبت های برداشت ۲۰ و ۱۵ درصد بترتیب ۲۷/۲ و ٤۰/٦ درصد نسبت به برداشت در رطوبت ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. شیوه خشکاندن غیر مستقیم و استفاده از دمای کمتر در بهبود شرایط کمی و کیفی و کاهش ضایعات ترک و روغن کلزا تاثیر قابل ملاحظه ای دارد. همچنین بستر کم‌عمق محصول و استفاده از دمای بالا میزان نسبت مصرف انرژی را کاهش می‌دهد و هرچه دمای کمتری مورد استفاده قرار گیرد مقادیر مصرف انرژی کاهش اما زمان خشکاندن افزایش می‌یابد بطوریکه مقدار انرژی مصرفی جهت خشکاندن هر کیلوگرم کلزا در خشک‌کن‌های کانتینیوس و بخار بترتیب ۲۱ و ۲۵ درصد نسبت به پارویی کمتر است.

میزان ضایعات روغن در خشک‌کن‌های بخار، کانتینیوس و پارویی بترتیب ٥/٤، ۸/٦ و ۱۱/٦ گرم در هر کیلوگرم دانه است. این مقادیر برای ۵۵۰ هکتار زمین زیر کشت کلزا در دشت ناز با عملکرد ۲ تن در هکتار ٥/۹٤، ۹/٤ و ۱۲/۷ تن ضایعات روغن خواهد بود.

بخشی از انرژی که در خشک‌کن‌های بخار، کانتینیوس و پارویی برای هر کیلوگرم بار ورودی، به مصرف ناخالصی موجود در آن میرسد و در واقع تلف می‌شود! به ترتیب ۳/٦۸، ۱۳/٦۸ و ۱۱/٤٦ کیلوژول بر کیلوگرم است که این مقادیر برای کل محصول برداشت شده از مزارع دشت‌ناز ٤/۰٥، ۱٥/۰٦ و ۱۲/٦ مگاژول خواهدبود. درصورت استفاده از سیستم‌های مناسب تمیزکننده مجهز به جداسازهای نیوماتیک (مانند خشک‌کن بخار) می توان این مقادیر را برای خشک‌کن‌های پارویی و کانتینیوس بترتیب ۵۷/۸ و ۷۲/٤ درصد کاهش داد.

با توجه به اینکه رطوبت برداشت ۱۵ درصد کمترین مقادیر معنی‌دار درصد ترک و مقادیر کمتری ناخالصی درحین برداشت، کمترین میزان ضایعات روغن، کمترین میزان در مصرف انرژی و کمترین ضایعات انرژی جهت

خشکاندن ناخالصی ها را در حین عملیات خشکاندن محصول در بر دارد در مقابل رطوبت برداشت ۲۵ درصد که تنها بالاترین میزان شاخص مصرف انرژی را داراست؛ ترجیح دارد.

شیوه خشکاندن غیر مستقیم در خشک‌کن بخار با داشتن مقادیر معنی‌دار کمترین میزان ضایعات درصد ترک و درصد روغن، کمترین میزان مصرف انرژی و ضایعات آن و بیشترین مقدار شاخص نسبت مصرف انرژی، بالاترین تعداد بهترین شاخص‌ها را به خود اختصاص داده است. خشک‌کن مستقیم بستر عمیق کانتینیوس نیز در مورد ظرفیت کاری بهترین رتبه‌ها را دارد. درنتیجه در صورتیکه میزان کیفیت نهایی محصول کلزا پس از خشکاندن مهمترین عامل تصمیم‌گیری درباره خشک‌کن مناسب باشد، خشک‌کن بخار، اما درصورت مهمتر بودن زمان و ظرفیت انجام عملیات خشکاندن و مد نظر داشتن امکان دوره انبارداری بیشتر، همراه با کیفیت قابل قبول محصول کلزا، خشک‌کن کانتینیوس و در نهایت درصورت نیاز به خشک‌کن با ظرفیت کمتر برای کارگاههای خشکاندن کوچک با حجم عملیاتی کم و هزینه‌های کمتر خرید و نصب، خشک‌کن پارویی ترجیح داده می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مدیریت محترم و کارمندان گرامی شرکت کشت و صنعت دشت ناز ساری و همچنین شرکت خزرالکتریک آمل بخاطر همکاری و همیاری‌های مشفقانه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- ایمان مهر، ع.، قبادیان، ب.، مینایی، س. و فردمال، ج. ۱۳۸۵. تعیین برخی خواص فیزیکی دانه کلزا (واریته لیکورد). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۷ (۲۹): ۱۲۸-۱۱۹.

۲- جایاس، س. پ. و سنکویسکی، س. ۱۳۸۳. خشک‌کردن دانه‌ها اصول نظری و عملی. مترجم: زمردیان، ع. چاپ اول، انتشارات نشر علوم کشاورزی. تهران. ص: ٤٥٢.

۳- همایونی‌فر، م. و ملک‌دار، م. ١٣٨٤. بررسی عوامل موثر بر توسعه کشت کلزا در استان مازندران. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی. سال ۵ (٤): ۱۱۳-۱۲۲.

4- Aghbashlo, M., Kianmehr, M. H. and Arabhosseini, A. 2009. Performance analysis of drying of carrot slices in a semi-industrial continuous band dryer. Journal of Food Engineering. 91: 99–108.

5- Akola, T. and C.O.E. 1990. Design and study of grain dryer. Dipakshirbhate publisher, India. P: 101.

6- Akpinar, E. K., Midilli, A. and Bicer, Y. 2006. The first and second law analyses of thermodynamic of pumpkin drying process. Journal of Food Engineering. 72 (4): 320–331.

7- Barthet, V. J. and Daun, J. K. 2005. Effect of Sprouting on the quality and composition of canola seed and oil. Journal of the American Oil Chemists' Society JAOCS, 82 (7), 511-517.

8- Bruce D. M, Hobson R. N., Morgan C. L. and Child R. D. 2001. Power and machinery threshability of shatter-resistant seed pods in oilseed rape. Journal of Agricultural Engineering Research, 80(4), 343-350.

9- Corzo, O., Bracho, N., Vasquez, A. and Pereira, A. 2008. Energy and exergy analyses of thin layer drying of coroba slices. Journal of Food Engineering. 86: 151–161.

10- Craessaerts, G., Saeys, W., Missotten, B. and De Baerdemaeker, J. 2010. Identification of the cleaning process on combine harvesters, Part II: A fuzzy model for prediction of the sieve losses. Biosystems Engineering. 105 (4)

11- Dong, R., Lu, Z., Lio, Z., Nishiyama, Y. and Cao, W. 2009. Moisture distribution in a rice kernel during tempering drying. Journal of Food Engineering, 91, 126–132.
12- Giner, S. A., Gely, M. C. 2005. Sorptional parameters of sunflower seeds of use in drying and storage stability studies. Biosystems Engineering, 92 (2), 217–227.
13- Jakubowska, M. K. and Szpryngiel, M. 2008. Influence on drying condition on quality properties of rapeseed. International Agrophysics, 22, 327-331.
14- Hanna, H. M., Darren, H. J. and Graeme, R. Q. 2007. Combine Effects on Commingling and Residual Grain. International Conference on Crop Harvesting and Processing, 2007. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Michigan. PP: 25-34.
15- Kegl, B. 2008. Biodiesel usage at low temperature. Journal of Fuel. 87: 1306-1317.
16- Krasucki, W., Tys, J., Szafran, K., Rybacki, R. and Orlicki, L. 2002. Effect of different drying temperatures of rape seeds on their chemical composition (in Polish). Roseliny Oleiste. 23: 427-438.
17- Mills, J. T. 1996. Storage of canola. Canola Council. Org. Chapter 12- Storage, Conditioning. Agricultural and Agri-Food Canada, Winnipeg, Manitoba, Canada.
18- Leckband G., Frauen M., and Friedt W. 2002. Napus 2000. Rapeseed (Brasica napus) breeding for improved human nutrition. Food Research International. 35: 273-278.
19- Rumsey, T.R. and Rovedo, C.O. 2001. Two-dimensional simulation model for dynamic cross-flow rice drying. Chemical Engineering and Processing. 40: 355–362.
20- Standards of ASAE, 2007. Moisture measurement-unground grain and seeds, ASAE S352.2 FEB03. ASAE standards, PP 582-583.
21- Stepniewski A. and Szot B. 1995. Factors determining the resistance of rapeseed to damage. Zeszyty Probl. Post. NaukRoln. 427: 51-63.
22- Szpryngiel, M. Grochowicz, M. and Szot B. 1995. Source and causes of rape seed damage during combine harvesting. Niczych. Poland. 427: 5-39.
23- Tys, J. and Rybacki, R. 2001. Rape-quality seeds, the processes of harvesting, drying, storage (inPolish). Acta Agrophysica, 44, 5-107.

Effect of prejudice of canola grain quality during harvesting in the different seed moisture content on the oil and energy loss during drying operation

Abstract

damaged Seeds and impurity in the harvested canola grain reduce drying systems efficiency and cause to make oil and energy losses. To determine the effect of this prejudice on the losses, a study was conducted in Dashtenaz, Sary county in 2009 using experiments whit complete randomized design. Levels of moisture content were consist of 15, 20 and 25 percent and drying trails were direct drying whit shallow and deep layer and indirect drying. The results were shown that the amount of grain losses after harvest was in the range of 1.3%-2.1% damaged seeds. the loss value range of damaged and oil content of seeds after drying were 1.9%-0.5% and 2.6%-1.2% respectively. Value of energy utilization and energy utilization ratio varied between 682.45-171.41 KJ/s and 0.634-0.285 and the amount of energy loss using drying of impuir was 3.68 to 13. 68 KJ/kg of input grain load. Finally 15% grain moisture content at harvest using the indirect drying trail was shown to be the least amount of oil and energy losses.

Keywords: canola, moisture harvesting, drying trail, oil and energy losses