مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۸/ شماره ۳/ پاییز ۱۳۸۶/ص ۱۶-۱

بررسی اثر رطوبت زمان برداشت و دماهای مختلف خشک‌کردن بر کیفیت روغن دانهٔ کانولا و بذر آن

عادل میرمجیدی هشتجین، رامین حسین‌خواه و هما بهمدی*

* اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشانی: کرج، بلوار شهید فهمیده، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ص. پ. ۸۴۵-۳۱۵۸۵، تلفن: ۲۷۰۵۳۲۰ (۰۲۶۱)، پیام‌نگار: adelmirmajidi@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۱۰/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۱۳

چکیده

در برخی مناطق شمالی کشور نظیر استان‌های گلستان و مازندران، بالا بودن رطوبت هوا در هنگام برداشت کانولا و انبارمانی آن، باعث بروز فساد و کپک‌زدگی این محصول در دورهٔ انبارمانی می‌شود. بنابراین، کاهش رطوبت محصول به حدود مجاز و با اعمال روش‌های صحیح برای نگهداری طولانی مدت کانولا، از موارد بسیار مهم و مطلوب به خصوص در مناطق با رطوبت نسبی بالاست. شرایط خشک‌کردن بذر و دانهٔ کانولا بر ظرفیت جوانه‌زنی، کیفیت، و مقدار کل روغن اثر به‌سزایی دارد، از این رو در این پژوهش، دانه‌های واریته ساری‌گل (*Brassica napus* L., cv. PF 7045/91) با دماهای متفاوت (۸۰، ۹۰، و ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) برای دانه و (۴۰ ، ۴۵ ، و۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد) برای بذر، با توجه به رطوبت اولیهٔ دانه‌ها در زمان برداشت (۱۲، ۱۵، و ۲۰ درصد) تا رسیدن به رطوبت نهایی حدود ۸ درصد خشک شدند. پس از آن، اثر این تیمارها بر مقدار کل روغن، مقدار اسیدهای چرب آزاد (اسیدیته)، عدد پراکسید، رنگ روغن دانه، و ظرفیت جوانه‌زنی بذر خشک‌شده بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت اولیهٔ برداشت ۱۲ درصد مناسب‌ترین شرایط برای خشک‌کردن دانهٔ کانولا با توجه به خصوصیات کیفی روغن، و استفاده از دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت اولیهٔ برداشت ۱۲ درصد مناسب‌ترین شرایط خشک‌کردن برای بذر کانولا با توجه به ظرفیت جوانه‌زنی است.

واژه‌های کلیدی

اسید چرب آزاد، خشک‌کردن، روغن، ظرفیت جوانه‌زنی، کلزا/ کانولا، کیفیت دانه و بذر

مقدمه

ارقام اصلاح‌شدهٔ کلزا (کانولا) از دانه‌های روغنی مهم هستند که در سال ۲۰۰۴ با بیش از ۴۶ میلیون تن تولید، بعد از سویا مقام دوم تولید جهانی را به خود اختصاص داده‌اند و مبادلات تجاری آنها (حدود ۷ میلیون تن در سال) و تقریباً ۱۸ درصد تولید جهانی بوده است (Smith & Jimmerson, 2005). در سال‌های اخیر و به دنبال برنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی برای نیل به خوداتکایی در زمینه تولید دانه‌های روغنی، کشت و توسعهٔ کانولا در ایران و تولید روغن خوراکی از آن به شدت مورد توجه قرار گرفته است، به طوری‌که در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ سطح زیر کشت آن به ۲۷۰ هزار هکتار افزایش یافته است (Gazor & Hosseinkhah, 2006).

دانهٔ کلزا تقریباً ۴۵-۴۰ درصد روغن دارد. عمده‌ترین کاربرد روغن کلزا در تغذیه است؛ از این روغن برای تولید روغن نباتی، مارگارین، روغن سالاد، و فراورده‌های دیگر نیز استفاده می‌شود. در سال ۲۰۰۵، در ایالات متحده آمریکا ۴۵ درصد از مارگارین‌ها، ۶۰ درصد از شورتنینگ‌ها، و ۸۰

© 2010,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

درصد از سس‌های سالاد حاوی روغن کانولا بوده‌اند. ترکیب اسیدهای چرب نقش مهمی در کیفیت روغن کلزا دارد؛ نسبت اسید لینولئیک به اسید لینولنیک در این روغن تقریباً ۲ به ۱ است که برای مصرف انسان نسبت متعادلی است. کلزا همچنین مقادیر زیادی (۵۹-۵۷ درصد) اسید اولئیک دارد. اعتقاد بر این است که وجود مقادیری چشمگیر از اسیدهای‌چرب ضروری و کم‌بودن مقدار اسیدهای چرب اشباع (حدود ۷ درصد) در کاهش کلسترول و کمک به سیستم ایمنی و انعقادخون مؤثر است (Mohamadzadeh, 2001; Smith & Jimmerson, 2005).

تولید این محصول باارزش، به ویژه در مرحلهٔ برداشت و پس از برداشت مشکلات خاصی دارد. کانولا به دو روش غیر مستقیم و مستقیم برداشت می‌شود. در اکثر کشورهای تولیدکنندهٔ کانولا، این محصول را به طور معمول با روش غیر مستقیم برداشت می‌کنند. در این روش، زمانی‌که ۴۰ تا ۵۰ درصد دانه‌ها به رنگ قهوه‌ای روشن تا سیاه درآیند محصول را برداشت می‌کنند و برای خشک‌شدن به محل خرمن‌کوبی می‌برند. خرمن‌کوبی با استفاده از کمباین معمولاً زمانی انجام می‌شود که رطوبت دانه ۱۲ تا ۱۵ درصد باشد. روش برداشت مستقیم کلزا به هنگام رسیدگی یکنواخت محصول (به صورت طبیعی یا مصنوعی) است. در هر دو روش برداشت (به ویژه در روش برداشت مستقیم) دقت و تعیین زمان مناسب برداشت، رطوبت دانه‌ها در زمان برداشت، و تنظیم دقیق کمباین اثر بسیاری در کاهش ریزش دانه دارد (Shirani-Rad & Dehshiri, 2002).

در صورتی که کانولا زودتر از رسیدگی کامل برداشت شود، مقدار تلفات هنگام برداشت به طور چشمگیری کاهش می‌یابد، اما آن را باید پس از برداشت به خصوص در مناطقی با رطوبت نسبی بالای هوا (نظیر استان‌های شمالی کشور)، برای نگهداری و فرایند، بلافاصله خشک کرد. خشک‌کردن، از فرایندهای بسیار مهم پس از برداشت دانه و بذر گیاهان روغنی و از جمله کانولاست. در صورتی‌که دانهٔ کانولا به طور مناسب خشک نشود، فعالیت تنفسی بالای دانه و گرمای ناشی از تنفس، علاوه بر کاستن از کیفیت روغن موجود و بالابردن میزان جوانه‌زنی، رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها (به ویژه کپک‌ها) و کلوخه‌شدن دانه‌ها را به همراه خواهد داشت که سبب تولید سموم قارچی مختلف و افزایش اسیدهای چرب آزاد در روغن خواهد شد (Anon, 2001b). چنانچه رطوبت دانه به کمتر از ۸ درصد تقلیل یابد، فعالیت کپک‌ها بسیار محدود می‌شود و حشره‌ها نیز قادر به تولید مثل در داخل یا روی دانه نخواهند بود. این امر به ویژه در دمای حدود ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۶۸ درصد صادق است. در دما و رطوبت بالا، میکروارگانیسم‌ها و حشره‌ها فعال و باعث افزایش دمای توده می‌شوند و از این رو هوادهی مناسب به هنگام انبارداری دانهٔ کانولا اهمیت ویژه‌ای دارد. بهتر است دانه‌های خیلی مرطوب کلزا (با رطوبت بالای ۱۷ درصد) در چند نوبت (مثلاً دو نوبت) به طور متناوب خشک شوند یعنی در هر نوبت ۴-۳ درصد رطوبت دانه کاهش یابد و پس از یک یا دو روز، نوبت بعدی خشکاندن اجرا شود. خارج شدن مقدار زیادی رطوبت از دانهٔ کانولا سبب چروکیدگی و ترک‌خوردگی پوسته آن می‌شود (Gazor & Hosseinkhah, 2006; Hosseinkhah & Famil Moemen, 2004).

برای خشک‌کردن کانولا به منظور مصارف مختلف، باید از دماهای متفاوت استفاده کرد، به عنوان نمونه، برای خشک‌کردن بذر باید از دماهای حدود ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد و کمتر استفاده کرد، اما برای روغن‌کشی از دانه کانولا افزایش دمای خشک‌کن تا ۸۲ درجهٔ سانتی‌گراد نیز مجاز است (Anon, 2001a).

برای خشک‌کردن دانه‌های گرانول‌شکل محصولات کشاورزی، خشک‌کن‌های بستر سیال از مناسب‌ترین خشک‌کن‌ها هستند که با استفاده از آنها، در مقایسه با

خشک‌کن‌های مرسوم محصولات کشاورزی یکنواخت‌تر و در زمانی کوتاه‌تر خشک می‌شوند (Board, 2000).

غالی و سوترلند (Ghaly & Sutherland, 1984b) با استفاده از خشک‌کن بستر سیال، دانه‌های کلزا را با رطوبت اولیهٔ ۱۲، ۱۴، و ۱۶ درصد و دمای هوای گرم ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت هشت ساعت خشک کردند. این محققان گزارش کردند که دمای ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد باعث کاهش قوه نامیه بذر نمی‌شود اما افزایش دمای خشک‌کن به ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد باعث تغییر رنگ روغن خواهد شد.

مور و سینها (Muir & Sinha, 1985) نشان دادند که برای خشک‌کردن کلزا با رطوبت‌های اولیهٔ ۱۱، ۱۳، و ۱۵ درصد اگر دستگاه خشک‌کن تهویهٔ مناسب داشته باشد، میزان مصرف انرژی ۳۰ تا ۶۰ درصد کاهش پیدا می‌کند. تحقیقات در خصوص عملکرد فن‌های مختلف در فرایند هوادهی کانولا در سیلوهای نگهداری نشان می‌دهد که تأثیر فن سانتریفیوژ محوری از فن‌های دیگر بهتر است (Friesen & Huminicki, 1986). تحقیقات جایاس و همکاران (Jayas *et al.*, 1985) روی میزان مقاومت به نفوذ هوا در توده کانولا نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت در محدوده ۶/۵، ۱۰/۳ و ۱۴/۵ درصد میزان مقاومت به هوا بیشتر می‌شود. همچنین افت فشار در مقطع قرارگیری کانولا با افزایش ارتفاع به صورت خطی افزایش می‌یابد.

فورنال و همکاران (Fornal *et al.*, 1994) برای خشک‌کردن دانهٔ کلزا از دماهای ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، و ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد استفاده کردند و اثر آن را بر مقدار برگشت‌پذیری[1]، شکل‌پذیری[2]، فشار، و تراکم‌پذیری دانه ارزیابی کردند. در پژوهش این محققان، حداکثر دمای مناسب برای حفظ خواص فیزیکی دانه تا ۹۵ درجهٔ سانتی‌گراد مجاز شناخته شد. آنان نشان دادند که علاوه بر دما، رطوبت اولیه دانه در زمان برداشت نیز بر خواص کیفی کلزا اثری چشمگیر دارد و نیز اعلام کردند که رطوبت مناسب برداشت ۱۶ درصد است.

پتک و آگراوال (Pathk & Agrawal, 1991) اثر دماهای بالا را بر کیفیت روغن کلزا در هنگام خشک‌کردن دانه بررسی کردند. آنان دماهای ۱۰۰ تا ۲۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد را بر دانه‌های کلزا با رطوبت اولیهٔ ۲۰ درصد اعمال کردند و نشان دادند این تیمارها بر تغییر مقدار کل روغن، بین ۰/۶۴ تا ۱/۵ درصد، تأثیر داشته است و در ضمن رنگ روغن در ۲۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری تیره شده است. این محققان همچنین اعلام کردند که برای مصارف غیرخوراکی روغن کلزا، کاربرد دماهای بالای ۲۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد به این دلیل مناسب است که بر مقدار روغن استحصالی بی‌تأثیر است و زمان خشک‌کردن را کوتاه می‌کند.

محمدزاده (Mohamadzadeh, 2001) اثر دماهای مختلف خشک‌کردن: ۶۵، ۷۵، ۸۵، ۹۵، و ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت اولیه دانه‌ها در زمان برداشت: ۱۲ ، ۱۶، و ۲۰ درصد را بر مقدار کل روغن، رنگ روغن، مقدار اسیدهای چرب آزاد، و اندیس یدی دانهٔ کانولا واریتهٔ دو صفر طلایه، بررسی کرد. نتایج تحقیقات او نشان داد که مناسب‌ترین دمای خشک کردن دانهٔ کانولا ۸۵ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت اولیه برداشت ۱۲ و ۱۶ درصد است.

شوئنو و آرینزا (Schoenau & Arinza, 1995) مدلسازی و بهینه‌کردن سیستم انرژی را در خشک‌کن‌های مخزنی دانهٔ کانولا بررسی کردند. این محققان با توجه به شرایط آب و هوایی آمریکای شمالی طی برداشت در رطوبت‌های مختلف ۱۳، ۱۶، و ۱۹ درصد با سیستم‌های مختلف تأمین انرژی شامل گاز طبیعی، پروپان، الکتریسیته، و انرژی خورشیدی، خشک‌کردن دانه تا رطوبت ۸ درصد را مدلسازی و سیستم تأمین انرژی را بهینه‌سازی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان

1- Elasticity 2- Plasticity

داد که استفاده از گاز طبیعی یا پروپان در رطوبت ۱۶ و ۱۹ درصد هزینهٔ کمتری دارد ضمن آنکه منابع مناسب‌تری برای خشک‌کردن دانه‌های کانولا هستند.

هدف از تحقیق حاضر، بررسی بهترین شرایط خشک‌کردن بذر و دانهٔ کانولا از نظر دمای خشک‌کن و رطوبت مناسب دانه در زمان برداشت بوده است، تا شرایط بهینه با توجه به ظرفیت جوانه‌زنی[1] و خصوصیات کمی و کیفی روغن استحصالی مشخص شود.

مواد و روش‌ها

مواد

مشخصات مواد و تجهیزات به کار رفته در این پژوهش به شرح زیر است:

دانهٔ کانولا رقم دو صفر ساری‌گل (*Brassica napus* L., cv. PF 7045/19) تهیه‌شده از مزرعهٔ تحقیقاتی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر.

منشاء این رقم آلمان، و تیپ رشد آن بینابین است. کانولای رقم دو صفر ساری‌گل نسبت به سرما متحمل، متوسط دورهٔ رشد آن ۱۹۰ تا ۲۱۰ روز، میزان روغن دانهٔ آن ۴۱ تا ۴۳ درصد، و وزن هزار دانهٔ آن حدود ۳/۸ گرم است. این رقم مقاوم به خوابیدگی است و عملکرد دانهٔ آن بیش از ۳ تن در هکتار است و از ارقام بهاره به شمار می‌رود. زراعت کلزا به طور عمده در اراضی غیر برنجکاری شمال کشور و نیز در مناطق گرم و خشک جنوب کشور است (Shirani-Rad & Dehshiri, 2002).

لوازم شیشه‌ای آزمایشگاهی، دو نوع ترازوی دقیق با حساسیت‌های ۰/۱ و ۰/۰۰۰۱ گرم، دماسنج دیجیتالی دقیق با حساسیت ۰/۱ درجهٔ سانتی‌گراد، رطوبت‌سنج دیجیتالی با حساسیت ۰/۱ درصد، آون Memmert مدل 600 ساخت آلمان، دستگاه خشک‌کن آزمایشگاهی ESPEC مدل EX-111 ساخت ژاپن، دستگاه اسپکترو فتومتر Pharmacia Biotech مدل 64-2088-80 ساخت انگلیس، دستگاه تقطیر (چرخشی) BIBBY مدل RE-100 ساخت انگلیس، و دستگاه ژرمیناتور[2] مدل KH ساخت ایران.

روش‌ها

تمامی آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های این پژوهش در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی – کرج اجرا شد. برای خشک‌کردن از خشک‌کن آزمایشگاهی غیر مداوم[3] موجود در ستاد موسسه استفاده شد. در این پژوهش نمونه‌های بذر و دانه‌های کانولا با استفاده از خشک‌کن صفحه‌ای[4] مجهز به کنترل دما، رطوبت و گردش هوا، تا رسیدن به رطوبت ۸ درصد خشک شدند. زمان تقریبی برای رسیدن به این درصد رطوبت در دماهای ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۸۰، ۹۰، و ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد به ترتیب ۱۲۰، ۱۱۲، ۱۰۵، ۵۹، ۴۹، و ۳۷ دقیقه بود.

تیمارهای آزمایشی به شرح زیر بودند:

- تیمارهای ۳-۱- خشک‌کردن دانه با رطوبت‌های ۱۲، ۱۵، و ۲۰ درصد در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد
- تیمارهای ۶-۴- خشک‌کردن دانه با رطوبت‌های ۱۲، ۱۵، و ۲۰ درصد در دمای ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد
- تیمارهای ۹-۷- خشک‌کردن دانه با رطوبت‌های ۱۲، ۱۵، و ۲۰ درصد در دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد
- تیمارهای ۱۲-۱۰- خشک‌کردن بذر با رطوبت‌های ۱۲، ۱۵، و ۲۰ درصد در دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد
- تیمارهای ۱۵-۱۳- خشک‌کردن بذر با رطوبت‌های ۱۲، ۱۵، و ۲۰ درصد در دمای ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد
- تیمارهای ۱۸-۱۶- خشک‌کردن بذر با رطوبت‌های ۱۲، ۱۵، و ۲۰ درصد در دمای ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد

1- Germination Capacity 2- Germinator 3- Batch 4- Tray Dryer

آزمون ظرفیت جوانه‌زنی

برای تعیین ظرفیت جوانه‌زنی، از هر نمونه (تیمار) ۱۰۰ دانهٔ کانولا انتخاب شده و پس از ضدعفونی کردن دانه‌ها با محلول هیپوکلریت‌کلسیم ۲ درصد به مدت ۱۰ دقیقه، به دو قسمت ۵۰ تایی تقسیم و در دو پتری‌دیش قرار داده شد که در کف هر یک از آنها کاغذ صافی مرطوب با حدود ۵ میلی‌لیتر آب وجود داشت. سپس در پتری‌دیش‌ها بسته شد تا رطوبت هوای داخل محفظه افزایش پیدا کند و تقریباً به حد اشباع برسد. نمونه‌ها به مدت یک هفته در ژرمیناتور با دمای حدود ۲۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری و در پایان این مدت زمان، دانه‌های جوانه‌زده پس از شمارش از پتری‌دیش خارج شدند. سه روز بعد، بقیهٔ دانه‌های جوانه زده نیز شمارش شد و ظرفیت جوانه‌زنی محصول به صورت درصد محاسبه شد (Hamidi, 2004).

اندازه‌گیری مقدار کل روغن

نمونه‌ها پس از جداسازی ناخالصی‌های عمده و بوجاری اولیه، خشک شدند. نمونه‌های خشک‌شده آسیاب و به منظور یکنواخت‌کردن قطر ذرات (۸۵۰ میکرون) از الک با مش ۲۰ عبور داده شدند. روغن دانه‌ها با حلال هگزان و به روش سرد و بعد از اختلاط کامل با به‌هم‌زن[1]، استخراج و تعیین مقدار شد (Mirnezami Ziabary & Sanei, 1996).

اندازه‌گیری رنگ روغن

برای سنجش رنگ از روش اسپکترو فتومتری استفاده شد. برای این منظور، جذب نوری روغن در طول موج‌های ۴۳۰، ۴۵۴، ۴۸۴، و ۶۷۰ نانومتر اندازه‌گیری و سپس با استفاده از رابطهٔ ۱، رنگ زرد بر حسب رنگ زرد لاویبانـد اندازه‌گیری شد (Anon, 1990).

$$C= ۱/۲۹A\ (۴۳۰) + ۶۹/۷\ A\ (۴۵۴) + ۴۱/۲\ A\ (۴۸۴) - ۵۶/۴\ A\ (۶۷۰) \quad (۱)$$

که در آن، C= غلظت رنگ، و A= میزان جذب نور است.

اندازه‌گیری مقدار اسیدهای چرب آزاد

مقدار اسید های چرب آزاد نمونه‌ها بر حسب درصد با روش استاندارد AOAC تعیین شد (Anon, 1990).

اندازه‌گیری عدد پراکسید

مقدار پراکسید نمونه‌ها با روش استاندارد AOAC تعیین شد (Anon, 1990).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج پژوهش با آزمون فاکتوریل و بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور دمای خشک‌کن در سه سطح و رطوبت زمان برداشت در سه سطح و به تفکیک برای بذر و دانهٔ کانولا، تجزیهٔ آماری شد. برای صفات مورد آزمون سه تکرار در نظر گرفته شد. میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم افزار SAS مقایسه شدند.

نتایج و بحث

در جدول ۱، ویژگی‌های اولیه روغن استخراج‌شده از نمونه‌های کانولا پیش از فرایند خشک‌کردن و همچنین ظرفیت جوانه‌زنی دانه‌های برداشت‌شده با رطوبت ۱۲، ۱۵، و ۲۰ درصد نشان داده شده است.

1- Shaker

جدول ۱- ویژگی‌های اولیه روغن استخراج‌شده از دانهٔ کانولا قبل از فرایند خشک‌کردن

رطوبت (درصد)	مقدار روغن (درصد)	اسیدهای چرب آزاد (درصد)	رنگ روغن (واحد لاویباند)	عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم)	ظرفیت جوانه‌زنی(درصد)
۱۲	۴۱/۴	۰/۷۸	۷۱/۵	ND*	۹۶
۱۵	۴۱/۴	۰/۷۱	۷۱/۳	ND	۹۲
۲۰	۴۱/۱	۰/۶۷	۷۱/۷	ND	۸۸

* غیر قابل تشخیص

نتایج تجزیهٔ واریانس و میانگین داده‌های مربوط به ویژگی‌های کیفی مورد نظر شامل: مقدار روغن دانه، مقدار اسیدهای چرب آزاد، رنگ و عدد پراکسید روغن استحصالی از تیمارهای آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

در جدول‌های ۳ و ۴ به ترتیب نتایج بررسی تأثیر رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کن بر ویژگی‌های کیفی روغن کانولا ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج تحزیهٔ واریانس شاخص‌های کیفی روغن استحصالی از تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات		
		مقدار روغن (درصد)	اسیدهای چرب آزاد (درصد)	رنگ روغن (واحد لاویباند)
رطوبت زمان برداشت	۲	۶/۷۲۳**	۰/۶۷۱**	۱۷۸/۷۳۴**
دمای خشک‌کن	۲	۱/۵۲۳**	۰/۱۱۲**	۲۸۳/۴۹۰**
اثر متقابل دما و رطوبت	۴	۰/۱۳۳	۰/۰۰۲۸**	۱۵/۱۴۶
خطا	۱۸	۰/۴۱۳	۰/۰۰۴۶	۶/۰۵۴
کل	۲۶			
CV		۱/۵۹۴	۵/۸۶۹	۳/۱۵۵
R^2		۰/۶۹۵	۰/۹۵۰	۰/۹۰۰

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

عدد پراکسید برای تمام تیمارهای آزمایش بسیار ناچیز و نزدیک به صفر به دست آمد.

جدول ۳- تأثیر رطوبت زمان برداشت بر شاخص‌های کیفی روغن استحصالی از دانه کانولا

میزان رطوبت (درصد)	مقدار روغن (درصد)	اسیدهای چرب آزاد (درصد)	رنگ روغن (واحد لاویباند)
۱۲	۴۰/۹۳a	۰/۸۶۶ c	۷۴/۵۵ b
۱۵	۴۰/۷۰ a	۱/۱۸۶ b	۷۶/۳۵ b
۲۰	۳۹/۳۳ b	۱/۴۱۰ a	۸۳/۰۱ a

عدد پراکسید برای تمام تیمارهای آزمایش بسیار ناچیز و نزدیک به صفر به دست آمد.

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۴- تأثیر دمای خشک‌کن بر شاخص‌های کیفی روغن استحصالی از دانهٔ کانولا

دمای خشک‌کن (درجهٔ سانتی‌گراد)	مقدار روغن (درصد)	اسیدهای چرب آزاد (درصد)	رنگ روغن (واحد لاویباند)
۸۰	۴۰/۴۳ ab	۱/۰۴۰ c	۷۴/۱۴ b
۹۰	۴۰/۶۶ a	۱/۱۶ b	۷۵/۳۵ b
۱۲۰	۳۹/۸۷ b	۱/۲۶۳ a	۸۴/۴۱ a

مقدار عدد پراکسید برای تمام تیمارهای آزمایش بسیار ناچیز و نزدیک به صفر به دست آمد.

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

تأثیر رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کن بر مقدار روغن استحصالی

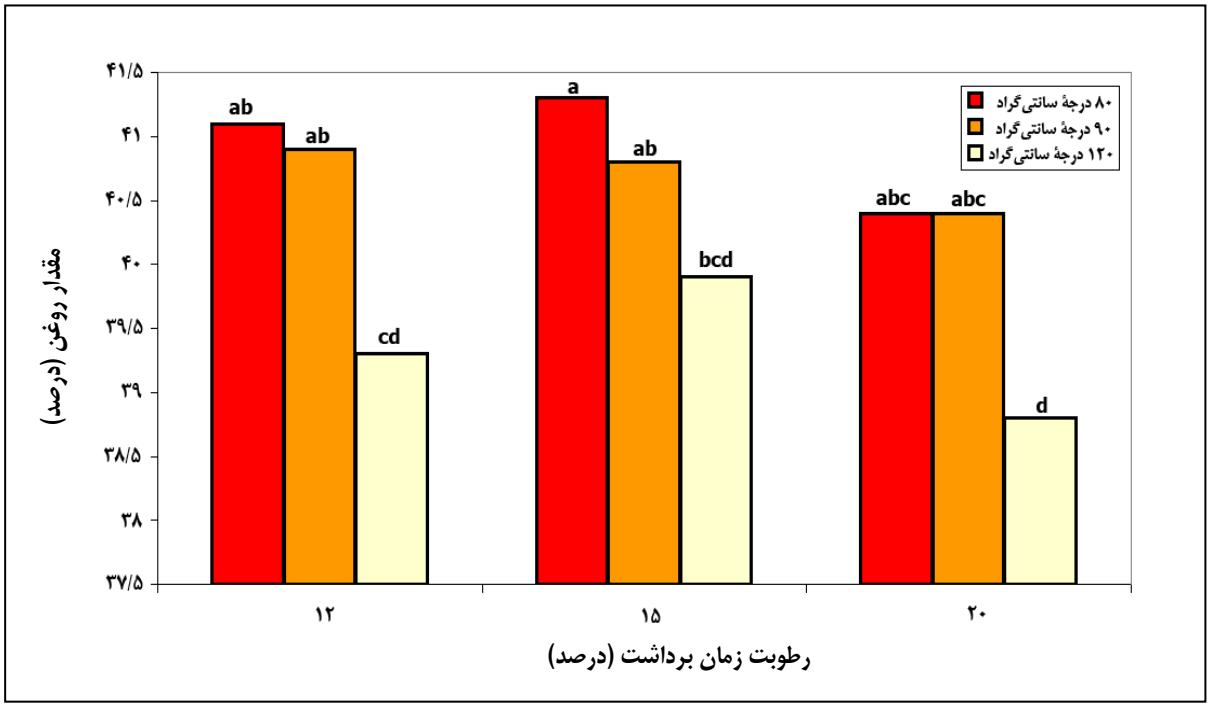
در جدول ۲ مشاهده می‌شود که هر دو عامل رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کردن دانه‌ها بر مقدار روغن استحصالی اثر داشته و در سطح اطمینان ($\rho < ۰/۰۱$) این اختلاف معنی‌دار بوده است، به‌طوری‌که در دما و رطوبت‌های مختلف، مقدار روغن استحصالی از ۳۸/۸ تا ۴۱/۳ درصد تغییر کرده است. بنابر نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها، مشخص شد که عامل دما بر مقدار کل روغن تأثیر داشته و با اِعمال دماهای مختلف، مقدار روغن حداکثر به میزان ۱/۶درصد تغییر کرده است.

آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها روی سطوح مختلف دما نشان داد (شکل ۱) که افزایش دما تا ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد اثر معنی‌دار ($\rho < ۰/۰۵$) بر کاهش مقدار روغن استحصالی نداشته و در ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد این کاهش معنی‌دار بوده است و میزان روغن استحصالی قدری کاهش یافته است که احتمالاً به دلیل تغییر حالت فیزیکی کنجاله در اثر اعمال حرارت بالا بوده است. طبق تحقیقات سادوسکا و همکاران

(Sadowska *et al.,* 1996) و کیمبر و مک‌گریگور (Kimber & Mc Gregor, 1995) دانهٔ کلزا مقاومت مکانیکی کمی دارد و اگر در شرایط نامناسب و با کاربرد دمای بالا خشک شود، ذرات پودری می‌شوند. راندمان استخراج به قطر ذرات و یکنواختی آن، زمان تماس، و ضریب نفوذ حلال به داخل ذرات دانه بستگی دارد، چنانچه اندازهٔ ذرات از حد معینی ریزتر شود بازده استخراج کاهش می‌یابد و میزان زیادی روغن در کنجاله باقی می‌ماند. سادوسکا و همکاران (Sadowska *et al.,* 1996) نشان دادند که هر چه مقدار رطوبت در دانه بیشتر و دمای خشک‌کردن آن پایین‌تر باشد، مقدار فشار لازم برای استحصال روغن کمتر است و در واقع میان تغییرات دمای خشک‌کردن و مقدار فشار لازم برای خروج روغن از دانه همبستگی مناسبی وجود دارد. نتایج تحقیقات لوتریا و همکاران (Luthria *et al.,* 2004) نیز مؤید این امر است. نتایج تحقیق حاضر با نتایج به‌دست آمده از تحقیقات غالی و ساترلند (Ghaly & Sutherland, 1984a) و موریسون و رابرسون (Morison & Roberson, 1978) در مورد دانه آفتابگردان هماهنگ است. همچنین با نتایج پتک و آگراوال (Pathk & Agrawal, 1991) مطابقت دارد که دماهای بالا را عامل کاهش مقدار روغن کلزا در حدود ۰/۹-۰/۴ گزارش کرده‌اند.

تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که رطوبت نیز بر مقدار روغن استحصالی اثر معنی‌دار ($\rho < ۰/۰۵$) داشته است. در شکل ۱ مشاهده می‌شود که مقدار روغن در حدود ۰/۸ درصد تغییر داشته است. آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها در سطح ۵ درصد روی عامل رطوبت نشان داد که بین رطوبت‌های ۱۲ و ۱۵ درصد، اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، در حالی‌که این اختلاف در رطوبت ۲۰ درصد معنی‌دار و مقدار روغن آن نسبت به دو رطوبت دیگر کمتر است. اگر رطوبت دانه از حدی بیشتر باشد، رطوبت مانع از استخراج کامل روغن از نسوج می‌شود. نتایج مذکور با نتایج به دست آمده در تحقیق کیمبر و مک‌گریگور (Kimber & Mc Gregor, 1995) و محمدزاده و یقبانی (Mohamadzadeh & Yaghbani, 2005) همخوانی دارد.

نتایج تجزیهٔ واریانس اثر متقابل رطوبت و دما بر مقدار روغن استحصالی از دانهٔ کانولا نشان از معنی‌داربودن ($\rho < ۰/۰۱$) اثر آنها بر هم دارد. در شکل ۱ دیده می‌شود که بیشترین مقدار روغن استحصالی در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت‌های ۱۲ و ۱۵ درصد است و می‌توان استنباط کرد که در رطوبت‌های کمتر از ۱۵ درصد با دماهای یکسان تغییر زیادی در مقدار روغن دانه حاصل نخواهد شد. اما در رطوبت ۲۰ درصد، به دلیل بالاتر بودن مقدار رطوبت، دماهای بالا تأثیر بیشتری بر کاهش مقدار روغن داشته است (Mohamadzadeh & Yaghbani, 2005; Gazor & Hosseinkhah, 2006). بنابراین، با توجه به تلفات ریزش کانولا در زمان برداشت و در رطوبت ۱۲درصد، می‌توان آن را در رطوبت ۱۵ درصد برداشت کرد. نتایج حاصل از این قسمت با نتایج فورنال و همکاران (Fornel *et al.*, 1994) که رطوبت ۱۶ درصد را مناسب معرفی کرده‌اند و همچنین نتایج تحقیقات سادوسکا و همکاران (Sadowska *et al.,* 1996) مطابقت دارد.



شکل ۱- تأثیر رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کردن بر مقدار روغن استحصالی دانهٔ کانولا

تأثیر رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کن بر مقدار اسیدهای چرب آزاد

نتایج تجزیهٔ واریانس یافته‌ها در جدول ۲ نشان داد که عامل دما بر مقدار اسیدهای چرب آزاد اثر معنی‌دار ($\rho < ۰/۰۱$) داشته و مقدار آن در دماهای مختلف حداکثر تا ۰/۵۵ درصد تغییر داشته است. آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها روی سطوح مختلف دما نشان می‌دهد که بهترین کیفیت روغن از نظر اسیدهای چرب آزاد در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد حاصل می‌شود و مقدار آن ۰/۸۶ است؛ در دماهای ۹۰ و ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد واکنش هیدرولیز تری‌گلیسریدها تشدید و اسیدهای چرب بیشتری هیدرولیز و آزاد می‌شود (Shahidi, 2005) و در نتیجه اسیدیته نسبت به دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد بالاتر می‌رود (شکل ۲).

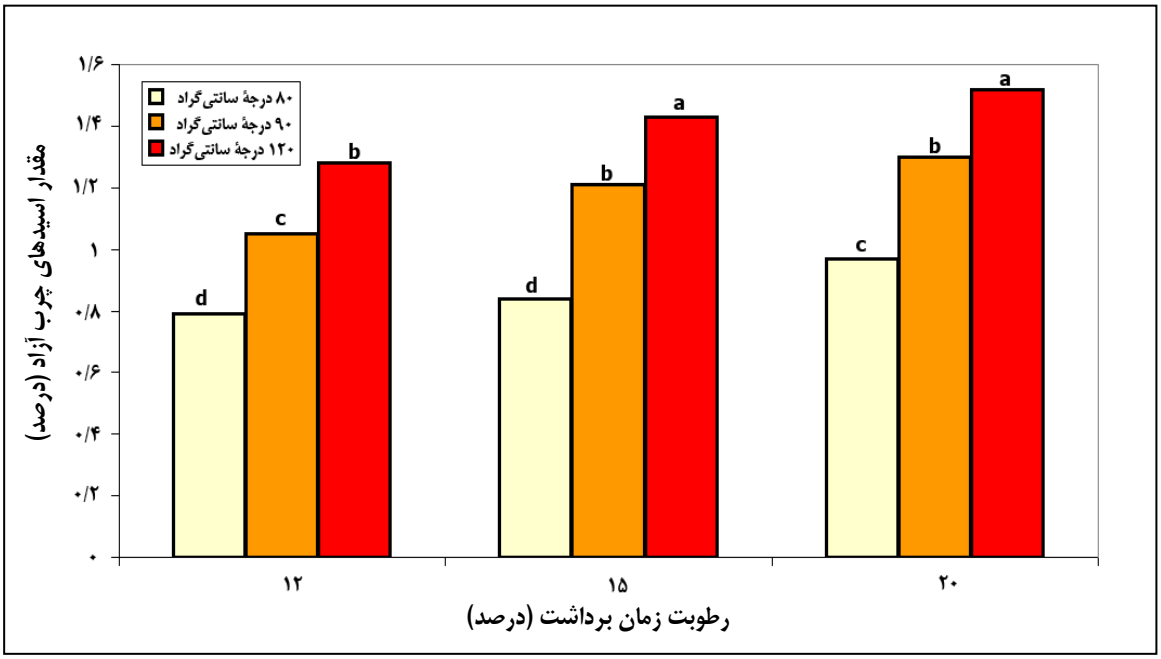
بر اساس گزارش موریسون و روبرسون (Morison & Roberson, 1978)، حداکثر دمای مناسب برای خشک‌کردن دانهٔ کلزا و حفظ کیفیت روغن، ۹۳ درجهٔ سانتی‌گراد است که با نتایج حاصل از این قسمت مطابقت نمی‌کند، البته در این خصوص عواملی از قبیل واریته، زمان برداشت، و نوع خشک‌کن ممکن است تأثیرگذار باشند.

تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که هر دو عامل رطوبت زمان برداشت و دما بر میزان اسیدهای چرب آزاد روغن اثر گذاشته و در سطح ($\rho<۰/۰۵$) این اثر معنی‌دار بوده است. در شکل ۲ مشاهده می‌شود که مقدار اسیدهای چرب آزاد در دماها و رطوبت‌های مختلف از ۰/۷۹ تا ۱/۵۲ درصد متغیر است.

تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که رطوبت بر مقدار اسیدهای چرب آزاد روغن کانولا اثر معنی‌دار ($\rho <۰/۰۵$) داشته است، شکل ۲ نشان می‌دهد که مقدار اسیدهای چرب آزاد در رطوبت‌های مختلف ۰/۲۲ درصد نوسان دارد. آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که

در رطوبت ۱۲ درصد کمترین مقدار اسیدهای چرب آزاد به دست می‌آید و با افزایش رطوبت، به دلیل تسهیل واکنش هیدرولیز تری‌گلیسریدها (Shahidi, 2005) این مقدار نیز افزایش می‌یابد.

تجزیهٔ واریانس اثر متقابل رطوبت و دما (شکل ۲) بر مقدار اسیدهای چرب آزاد روغن اثر معنی‌دار ($\rho < ۰/۰۱$) را نشان داده است. بهترین کیفیت روغن از نظر اسیدهای چرب آزاد روغن در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت ۱۲درصد و پایین‌ترین آن در دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت ۲۰ درصد حاصل شده است. حضور همزمان رطوبت بالا در محیط و دمای بیش از ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد، که هر دو تشدیدکننده واکنش هیدرولیز غیر آنزیمی تری‌گلیسریدها هستند (Shahidi, 2005)، می‌تواند دلیل اصلی این امر باشد. آزمون مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲)، بین میزان اسیدهای چرب آزاد روغن در رطوبت‌های ۱۲ و ۱۵ درصد در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد اختلافی معنی‌دار نشان نمی‌دهد و آنها را در یک گروه طبقه‌بندی کرده است. بنابراین رطوبت‌های بیشتر از ۱۵درصد، همراه با دماهای بیشتر از ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد سبب افزایش اسیدیته روغن می‌شوند. نتایج حاصل از این بخش با نتایج تحقیقات سادوسکا و همکاران (Sadowska *et al.*, 1996) و محمدزاده (Mohamadzadeh, 2001) مطابقت دارد.

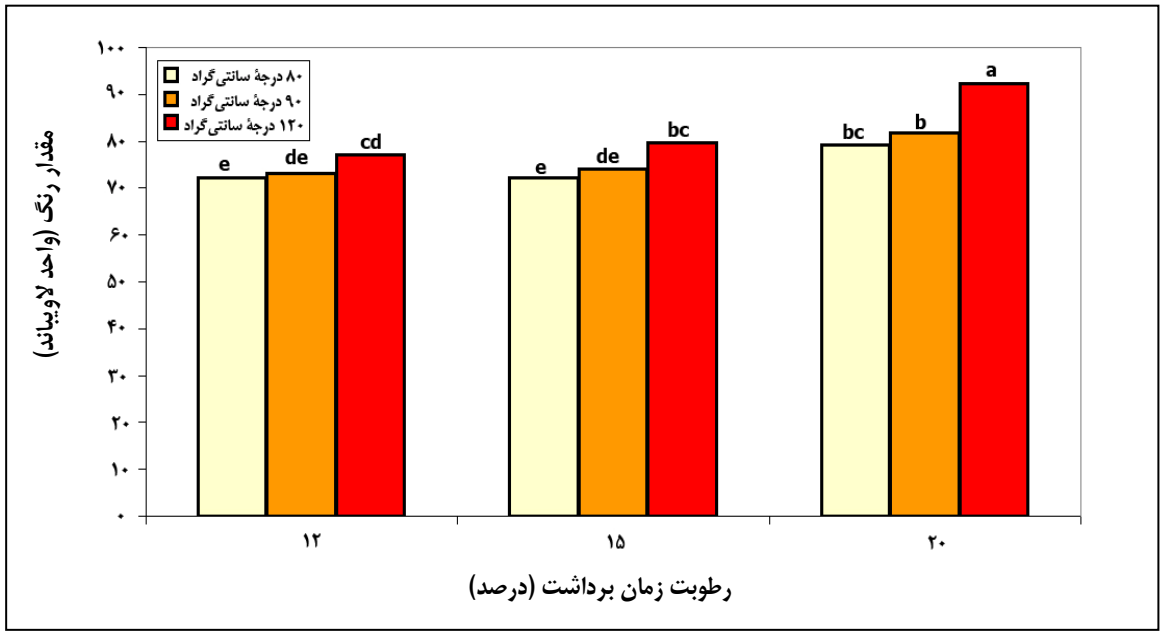


شکل ۲- تأثیر رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کن بر مقدار اسیدهای چرب آزاد

تأثیر رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کن بر رنگ روغن

تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۲)، نشان داد که هر دو عامل رطوبت و دما بر رنگ روغن تأثیر دارند و مقدار رنگ روغن در شرایط متفاوت از ۷۲/۱۵ تا ۹۲/۳ واحد زرد لاویباند تغییر می‌کند. مقایسهٔ میانگین‌ها (شکل ۳) نشان داد که افزایش دما (تا ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد) اثر معنی‌دار ($\rho < ۰/۰۱$) بر رنگ روغن ندارد و در دماهای بالا رنگ روغن به سمت تیرگی پیش می‌رود. در رطوبت‌های ۱۲ و ۱۵ درصد، اختلاف معنی‌دار ($\rho < ۰/۰۵$) در رنگ روغن دیده نشده است. نتایج نشان

می‌دهد که رطوبت بالا و دمای بالای ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد سبب تیرگی رنگ روغن حاصل می‌شود، به طوری‌که تیره‌ترین روغن در رطوبت ۲۰ درصد و دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد و روشن‌ترین رنگ روغن در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت ۱۲درصد حاصل شده است. دلائل تیره‌شدن رنگ در دمای بالا از این قرار است: واکنش‌های قهوه‌ای‌شدن، تجزیهٔ پروتئین‌ها، افزایش مقدار فسفاتیدهای فاقد قابلیت جذب آب، افزایش مقدار گوگرد، و تأثیر دما بر سایر ترکیبات غیر گلیسریدی نظیر فسفاتیدها، مواد صمغی، موم‌ها، و رنگدانه‌های موجود به ویژه کلروفیل و گزانتوفیل. باید توجه داشت که در رطوبت‌های بالاتر زمان برداشت، مقدار کلروفیل موجود در دانهٔ کانولا نیز بیشتر است (Shahidi, 2005). این یافته‌ها با نتایج بررسی‌های ساترلند و موری (Sutherland & Morey, 1982) و محمدزاده و یقبانی (Mohamadzadeh & Yaghbani, 2005) مطابقت دارد.



شکل ۳- تأثیر رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کن بر مقدار رنگ روغن کانولا

تأثیر رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کن بر مقدار پراکسید روغن

مقدار پراکسید قبل از تیمار خشک‌کردن و در تمامی نمونه‌های خشک‌شده بسیار ناچیز و در حد صفر بود. به نظر می‌رسد طی زمان کوتاه خشک‌شدن نمونه‌ها در خشک‌کن، فرصت کافی به نمونه‌ها برای آغاز مکانیسم اکسیداسیون، ایجاد رادیکال‌های آزاد، و سرانجام تولید پراکسید داده نشده است. به محض استخراج روغن از دانه و تماس آن با اکسیژن، اکسیداسیون شروع می‌شود، اما روغن موجود در دانه در تماس با اکسیژن هوا نبوده و بنابراین اکسیداسیون شروع نشده است.

تأثیر رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کن بر ظرفیت جوانه‌زنی بذر کانولا

نتایج تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین داده‌های ظرفیت جوانه‌زنی بذرها با رطوبت زمان برداشت (۱۲، ۱۵، و ۲۰ درصد) و دمای خشک‌کردن در (۴۰، ۴۵، و ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد) در جدول ۵ و شکل ۴ نشان داده شده است.

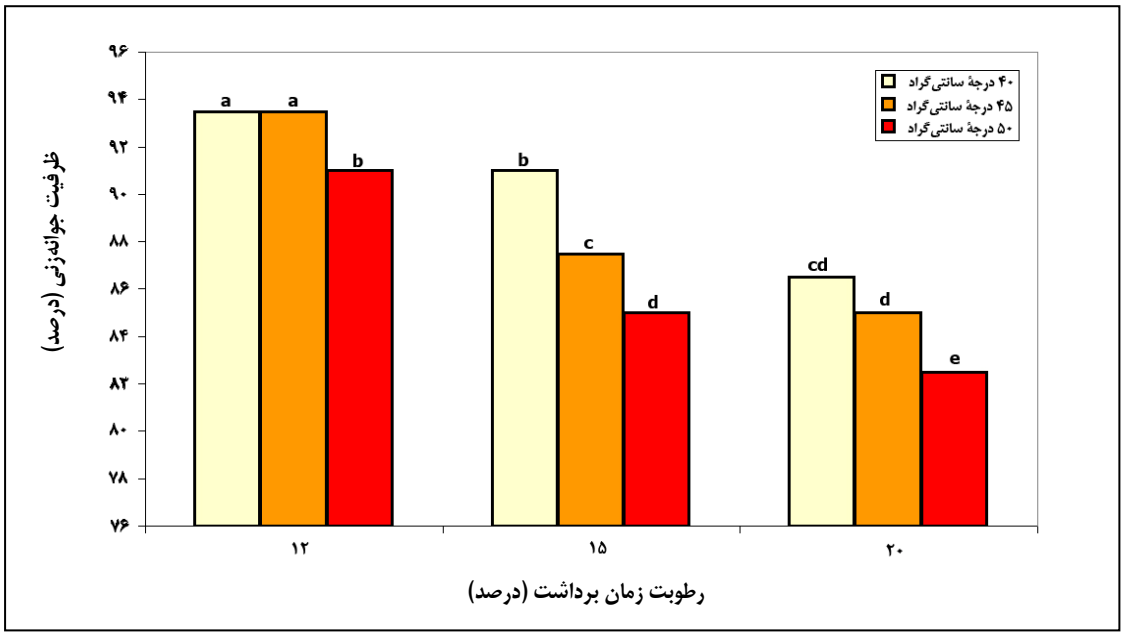
جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس شاخص ظرفیت جوانه‌زنی بذر

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات
رطوبت زمان برداشت	۲	۴۹/۰۸۳**
دمای خشک‌کن	۲	۱۶۶/۰۸۳**
اثر متقابل دما و رطوبت	۴	۱/۳۳۳
خطا	۱۸	۱/۴۱۲۲
کل	۲۶	
CV	۱/۳۴۱۹	R^2 ۰/۹۴۴۸

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

نتایج مربوط به تجزیهٔ واریانس داده‌ها در جدول ۵ نشان می‌دهد که هر دو عامل رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کردن بر ظرفیت جوانه‌زنی بذر کانولا اثر دارند و در سطح اطمینان (ρ<۰/۰۱)، این اختلاف معنی‌دار است. در شکل ۴ دیده می‌شود که در دماها و رطوبت‌های مختلف، ظرفیت جوانه‌زنی بذر کانولا از ۸۲/۵ تا ۹۳/۵ درصد تغییر کرده ضمن اینکه مناسب‌ترین شرایط خشک‌کردن بذر کانولا دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۲ درصد است. تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشان می‌دهد که رطوبت زمان برداشت بر ظرفیت جوانه‌زنی بذر کانولا اثر معنی‌دار دارد (ρ < ۰/۰۱)؛ در شکل ۴ مشاهده می‌شود که با کاهش رطوبت زمان برداشت، ظرفیت جوانه‌زنی در حدود ۸/۵ درصد افزایش یافته است. بنابر نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها (جدول ۵) مشخص شد که عامل دما نیز بر ظرفیت جوانه‌زنی تأثیر معنی‌دار (ρ<۰/۰۱) داشته و ظرفیت جوانه‌زنی بذر کانولا را حداکثر به میزان ۴/۶۷ د صد کاهش داده است. آزمون مقایسه میانگین‌ها (شکل ۴) بر سطوح مختلف دما نشان می‌دهد که افزایش دما اثری معنی‌دار بر کاهش ظرفیت جوانه‌زنی بذر کانولا داشته است. دلیل این امر را می‌توان به گسیختگی ساختار میتوکندری‌ها و سایر اندامک‌های درون سلولی، کاهش توانایی تولید RNA و پروتئین، کاهش تنفس، غیر فعال‌شدن آنزیم‌ها، و تخریب ساختمان ریبوزومی دانه نسبت داد (Roberts, 1981; Cherry & Skadsen, 1986). مطالعهٔ اثر مخرب دما بر کاهش ظرفیت جوانه‌زنی بذر کانولا، به ویژه به دلیل اثر متقابل دما با مدت زمان خشک‌کردن و میزان رطوبت بذر پیچیده است، به طوری‌که تفکیک دقیق اثر هر یک از این عوامل از یکدیگر و تفسیر نتایج حاصل از این گونه پژوهش‌ها را دشوار می‌سازد. به طور معمول دما با طول زمان خشک‌کردن بذر رابطهٔ عکس دارد؛ بین دمای خشک‌کردن و مقدار رطوبت بذر نیز رابطهٔ عکس وجود دارد. سلول‌ها با ساز و کارهای ویژه از جمله آبزدایی[1] پروتوپلاسم سلول طی مراحل نهایی رسیدگی و کاهش رطوبت بذر به طور طبیعی و مصنوعی با تحریک تشکیل برخی ترکیبات پروتئینی مانند پروتئین‌های شوک حرارتی (HSPs)، دی‌هایدرین‌ها[2] و پروتئین‌های فراوان‌شونده در اواخر مرحله جنین‌زایی (LEAs[3]) در مقابل آسیب دمای بالای خشک‌کردن محافظت می‌شوند (Hamidi, 2004; Betty & Finch-Savage, 1998).

1- Dehydration 2- Dehydrins 3- Late Embryogenesis Abundant Proteins



شکل ۴- تأثیر درصد رطوبت زمان برداشت و دمای خشک‌کن بر ظرفیت جوانه‌زنی بذر کانولا

نتایج مقایسهٔ اعداد به‌دست آمده از آزمون ویژگی‌های اولیهٔ دانه‌های کانولا با اعداد حاصل از فرایند خشک‌کردن با هوای گرم (به خصوص در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت ۱۲ درصد) بیانگر حفظ کیفیت روغن و خصوصیات شیمیایی آن و همچنین بذر کانولا در حین فرایند خشک‌کردن است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج کمی و کیفی به دست آمده از تیمارهای مختلف خشک‌کردن بذر و دانهٔ کانولا، می‌توان نتیجه گرفت که دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت برداشت ۱۲ درصد، نسبت به دماهای ۹۰ و ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت برداشت ۱۵ و ۲۰ درصد برتری دارد و مناسب‌ترین شرایط خشک‌کردن دانهٔ کانولا برای مصارف صنعتی است. همچنین، دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت برداشت ۱۲ درصد، در مقایسه با تیمارهای ۴۵ و ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت برداشت ۱۵ و ۲۰ درصد، مناسب‌ترین شرایط خشک‌کردن دانهٔ کانولا برای مصارف زراعی است.

مراجع

Anon. 2001a. Heated air grain drying. Available on the: http://www.canola-council.org/production/stdrying.html.

Anon. 2001b. Conditioning of Canola. Available on the: http://www.canola-council.org/production/stcondit.html.

Anon. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

Betty, M. and Finch-Savage, W. E. 1998. Stress protein content of mature Brassica seed and their germination performance. Seed Sci. Res. 8, 347-355.

Board, N. 2000. The Complete Technology Book on Processing, Dehydration, Canning, Preservation of Fruits and Vegetables. NIIR Pub. Dev., India.

Cherry, J. H. and Skadsen, R. W. 1986. Nucleic Acid and Protein Metabolism During Seed Deterioration. In: Mc Donald, M. B. and Nelson, C. J. (Eds.). Physiology of Seed Determination. Crop Sci. Soc. Am. Special Pub. No. 11.

Fornal, J., Sadowska, J., Jaroch, J., Kaczynska, B. and Winnicki, T. 1994. Effect of drying of rapeseeds on their mechanical properties and technological usability. Int. Agrophys. 8, 215-224.

Friesen, O. H. and Huminicki, D. N. 1986. Evaluation of grain air flow resistance characteristics and air delivery system. Can. Agric. Eng. 28(2): 107-115.

Gazor, H. R. and Hosseinkhah, R. 2006. Assessment of canola drying process and produced oil characteristics using fluidized bed dryer. Research Report. No. 792. Agricultural Engineering Research Institute. (in Farsi)

Ghaly, T. F. and Sutherland, J. W. 1984a. Thin-layer drying rates on sunflower seed. J. Agric. Eng. Res. 30, 337-345.

Ghaly, T. F. and Sutherland, J. W. 1984b. Heat damage to grain and seeds. J. Agric. Eng. Res. 30, 337-345

Hamidi, A. 2004. Effects of harvesting time and drying temperature and duration on seed viability, vigour and some other related traits of two oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. Seed Plant. 20(4): 511-527. (in Farsi)

Hosseinkhah, R. and Famil Moemen, R. 2004. Evaluation and determination of proper condition to drying rapeseeds and kernels. Research Report. No. 1155. Agricultural Engineering Research Institute. (in Farsi)

Jayas, D. S., Sokhansanj, S. and White, N. D. G. 1989. Bulk density and prosity of two canola species. Trans. ASAE. 32 (1): 291-294.

Kimber, D. and Mc Gregor, D. C. 1995. Brassica Oilseeds Production and Utilization. CAB Int. Cambridge. UK.

Luthria, D. L., Noel, K. and Vinjamoori, D. 2004. Impact of sample preparation on determination of crude fat content. J. Am. Oil. Chem. Soc. 81(11): 999-1004.

Mirnezami Ziabary, S. H. and Sanei Shariat Panahi, M. 1996. General Experimental Analysis of Fats and Oils. Mashhad Pub. Karaj. Iran. (in Farsi)

Mohamadzadeh, J. 2001. Study of drying conditions of rapeseed and its effects on the oil quality. Research Report. No. 346. Agricultural Engineering Research Institute. (in Farsi)

Mohamadzadeh, J. and Yaghbani, M. 2005. Effect of harvesting moisture and drying temperature of rapeseed on oil quality. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 12(5): 119-128. (in Farsi)

Morison, W. H. and Roberson, J. S. 1978. Oil point in technology estimation of dried rapeseed. J. Am. Oil. Chem. Soc. 55(2): 272-274.

Muir, W. E. and Sinha, R. N. 1985. Theoritical rates of flow of air at near ambient conditions required to dry rapeseed. Can. Agric. Eng. 28(1):45-49.

Pathk, P. K. and Agrawal, Y. C. 1991. Effect of elevated drying temperature on rapeseed. J. Am. Oil. Chem. Soc. 68(8): 580-582.

Roberts, E. H. 1981. Physiology of ageing and its application on drying and storage. Seed Sci. Tech. 9, 359-372.

Sadowska, J. K., Fornal, J., Ostaszyk, A. and Szmatowicz, B. 1996. Drying and processability of dried rapeseed. J. Sci. Food. Agric. 72(2): 257-262.

Schoenau, G. J. and Arinza, E. A. 1995. Simulation and optimization of energy systems for in-bin drying of canola grain. Energy Conversion Manag. 36(1): 41-51.

Shahidi, F. (Ed.). 2005. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Sixth Ed. John Wiley and Son's Inc.

Shirani-Rad, A. H. and Dehshiri, A. 2002. Canola Guide (Planting, Crop Production, Harvest). Agricultural Education Pub. Agricultural Research and Education Organization. Karaj. Iran. (in Farsi)

Smith, V. H. and Jimmerson, J. 2005. Canola and Rapeseed. Agricultural Marketing Policy Center. Montana State University. Briefing. No. 60.

Sutherland, K. E. and Morey, E. B. 1982. Thin-layer drying model for rapeseed. Trans. ASAE. 34(6): 2505-2508.

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.8 /No.3 / Autumn 2007/P: 1-16

Effect of Harvesting, Moisture Content and Drying Temperature on Canola Oil and Seed Quality

A. Mirmajidi Hashtjin*, R. Hosseinkhah and H. Behmadi

*Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Institute, P. O. Box: 31585-845, Karaj, Iran. E-mail: adelmirmajidi@yahoo.com

Rapeseed is one of the important oilseeds, as its oil ranks second in the world after soybean. The rapeseed cultivation has been increased recently in Iran. Drying of seeds to a safe moisture level is necessary for storage of oilseeds before processing. Rapeseed drying conditions affect the seed quality, total oil and germination capacity. Hence in this research the effects of different temperatures and humidity on the PF variety were studied. Rapeseed samples with different moisture contents at harvesting time (12, 15 and 20% w/w), were dried under 40, 45 and 50ºC temperatures and the rape kernels were dried under 80, 90 and 120ºC temperatures, respectively until reaching final humidity of 8% (w/w). Then the effect of drying conditions were determined on the total oil, free fatty acid (acidity value), peroxide value, and color of extracted oil and the germination capacity of dried seed. The result showed that the optimum drying conditions for rapeseed and rape kernel was obtained at 80ºC temperature with 12% moisture content and 40ºC with 12% moisture content (according to the germination capacity), respectively.

Key words: Canola, Drying, Free Fatty Acid, Germination Capacity, Oil, Quality, Rapeseed