مجله مهندسی بیوسیستم ایران
دوره ۳۹، شماره ۱، ۱۳۸۷ (۱۳۱-۱۲۱)

تأثیر سیال‌سازی بر زمان خشک کردن و پارامترهای کیفی روغن کلزا

حمید رضا گازر*[۱] و رامین حسین خواه[۲]
۱، ۲، استادیار پژوهش و عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
(تاریخ دریافت: ۸۶/۲/۱۵- تاریخ تصویب: ۸۷/۳/۸)

چکیده

با توجه به اهمیت کلزا به عنوان یکی از محصولات مهم دانه‌های روغنی در جهان، کشت وتوسعه این محصول در کشور و تولید روغن خوراکی از آن در سالهای اخیر شدیداً مورد توجه بخش کشاورزی و سایر بخش‌های ذیربط می‌باشد. در برخی نقاط شمالی کشور بالاخص استانهای گلستان و مازندران، بالا بودن رطوبت هوا در هنگام برداشت و انبار مانی نسبت به مناطق دیگر تولید کلزا، باعث بروز فساد و کپک زدگی در مدت انبارمانی این محصول می‌شود. لذا تقلیل رطوبت محصول به حدود مجاز برای نگهداری طولانی، از موارد بسیار مهم و مطلوب بخصوص در مناطق دارای رطوبت نسبی بالا می‌باشد و کاربرد روشهای جدید و کارا که با حفظ خواص کیفی به وسیله آنها بتوان زمان خشک کردن را کم نمود، همواره در تولید و فراوری این محصول در مناطق مرطوب مدنظر می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از یک دستگاه خشک‌کن‌آزمایشگاهی نوع بستر سیال، تأثیر پارامترهای دما و سیال‌سازی بستر کلزا در هوای گرم توسط خشک‌کن در محدوده ۳۰ تا ۱۰۰°C، بر روی روند و زمان خشک شدن و نیز شاخص‌های کمی و کیفی روغن استحصالی نظیر درصد روغن، درصد اسیدهای چرب آزاد (اسیدیته)، اندیس پراکسید و رنگ روغن در تیمارهای خشک شده با دستگاه و شرایط طبیعی، بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان داد که افزایش دما در محدوده ٦٠ تا ۱۰۰°C دارای تأثیر کمتری بر روی کاهش زمان خشک شدن نسبت به تغییرات دما در محدوده ۳۰ تا ٦٠ °C دارد. سیال سازی محصول نیز علاوه بر کاهش معنی‌دار زمان خشک شدن، بر برخی خصوصیات کیفی روغن نظیر رنگ و اسیدیته تأثیر بهینه دارد. همچنین نتیجه‌گیری شد که سیال سازی تأثیرمعنی‌داری بر مقدار روغن استحصالی و عدد پراکسید آن ندارد.

واژه‌های کلیدی: دانه‌های روغنی، کلزا، خشک کردن، بستر سیال.

مقدمه

کلزا دانه‌ای روغنی محسوب می‌شود که امروزه در سطح وسیعی در جهان کشت می‌گردد. در سالهای اخیر کشت کلزا به طور چشمگیری در ایران افزایش داشته به طوری که در سال زراعی ۸۴-۸۳ سطح زیر کشت این محصول در ایران به مرز ۱۱۹ هزار هکتار رسید که استانهای گلستان و مازندران تقریباً ۶۱ درصد این سطح را به خود اختصاص داده‌اند (۶). کلزا حاوی مواد غذایی مختلفی است که عمده‌ترین آن مقدار روغن موجود در دانه ها می‌باشد که با توجه به ارقام مختلف کشت شده بین ۳۳ تا ۴۵ درصد بر پایه خشک دارای روغن می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که در هنگام رسیدگی حدود ۸۰ درصد روغن در دانه‌ها قرار

* نویسنده مسئول: حمیدرضا گازر تلفن: ۰۲۶۱-۲۷۰۵۳۲۰ E-mail: hgazor@yahoo.com

دارد و پوسته بذر حاوی کمتر از ۱۲ درصد روغن می‌باشد. همچنین کنجاله کلزا منبعی بسیار غنی از پروتئین بوده که در جیره غذایی دام و طیور مطرح است. میزان پروتئین موجود در کنجاله کلزا حدود ۴۳-۳۸ درصد می‌باشد (۱، ۹، ۲۳). خشک‌کن‌های بستر سیال یکی از مناسب‌ترین خشک‌کن‌های مورد استفاده برای خشک کردن دانه‌های گرانول شکل محصولات کشاورزی دارای رطوبت بالا می‌باشد که با استفاده از این خشک‌کن‌ها عملیات خشک کردن محصولات کشاورزی به صورت یکنواخت و در مدت زمان کوتاهتری نسبت به خشک‌کن‌های مرسوم انجام می‌گردد (۱۰). در صورتی که کلزا بعد از رسیدگی کامل با رطوبت در حدود ۲۰٪ به صورت دو مرحله‌ای برداشت شود ریزش طبیعی در هنگام برداشت به طور چشمگیری کاهش می‌یابد (۳۰)، که بایستی برای نگهداری محصول در انبار و جلوگیری از بروز کپک‌زدگی و رشد قارچها عملیات خشک کردن و هوادهی روی محصول برداشت شده انجام گیرد (۴). به منظور انبار کردن بذور کلزا باید ابتدا آنها را تمیز کرد و وقتی که رطوبت بذر به ۸ ٪ رسید، آنها را دریک انبار با تهویه مطلوب ذخیره کرد. در گلستان، مازندران و مغان در صورتی که رطوبت بذور بالا باشد باید از خشک کن استفاده کرد و پس از ضدعفونی‌کردن‌انبار عمل ذخیره‌سازی دانه‌ها را انجام داد (۵). به منظور بررسی اثر سیال‌سازی بر خشک شدن گندم در محدوده دمایی ۳۵ تا ۵۸?C یک دستگاه خشک کن آزمایشگاهی با محفظه‌ای به قطر ۱۴۵ و ارتفاع ۱۵۰۰ میلیمتر توسط دیاماتیا و همکاران (۱۹۹۶) طراحی و ساخته شد. تأثیر سیال‌سازی را بر فرایند خشک شدن دانه‌های شلتوک، ارزن، جو و سویا در محدوده دمایی ۴۰ تا ۸۰°C نیز در تحقیق دیگری بررسی شد (۲).

در تحقیقی اثرات دماهای خشک کردن بر فشار لازم برای استحصال روغن کلزا بررسی شد. دماهای آزمایش عبارت بودند از ۶۰، ۸۰ ، ۱۰۰، ۱۲۰ °C و کلزا در دماهای فوق تا سطح ۶/۵ درصد بر پایه تر، خشک شده بود. نتایج نشان داد که هر چه مقدار رطوبت در دانه بیشتر و دمای خشک کردن آن پائین‌تر باشد، مقدار فشار لازم برای استحصال روغن کمتر است. در واقع یک همبستگی مناسب میان تغییرات دمای خشک کردن و مقدار فشار لازم برای خروج روغن از دانه وجود دارد (۲۷). در تحقیق دیگری نتیجه‌گیری شد که برای خشک کردن کلزای دارای رطوبت اولیه ۱۱، ۱۳ و ۱۵ درصد، اگر دستگاه خشک‌کن دارای تهویه مناسب باشد، میزان مصرف انرژی به میزان ۳۰ تا ۶۰ درصد کاهش می‌یابد (۲۵).

غالی و سادرلند در تحقیقی اقدام به خشک کردن کلزا با رطوبت اولیه ۱۲، ۱۴ و۱۶٪ و دمای هوای گرم ۶۰?C برای مدت ۸ ساعت نمودند. ایشان گزارش نمودند دمای ذکر شده باعث کاهش قوه نامیه بذر نمی‌گردد، اما برای مصارف خوراکی افزایش دمای خشک کن به ۷۰?C باعث تغییر رنگ روغن گردید. همچنین نتایج بدست آمده از آن تحقیق نشان داد که کاربرد دمای ۸۵?C بر روی مقدار اسیدهای چرب آزاد کلزا تأثیر زیانباری نداشته و مجاز می‌باشد (۱۶). موریسون و روبرسون کلزا را تحت دماهای مختلف تا سطح رطوبت ۷/۵ درصد خشک کرده و اثرات آن را بر کیفیت روغن استحصالی بررسی نمودند. نتایج نشان دادکه افزایش دما تا ۹۳ °C تأثیر معنی‌داری بر روی مقدار اسیدهای چرب آزاد و رنگ روغن ندارد (۲۴). حسین خواه و مومن در تحقیق خود تأثیر رطوبت‌های اولیه دانه کلزا در محدوده ۱۲ تا ۲۰ درصد و دماهای خشک‌کن در محدوده ۴۰ تا ۵۰?C را بر روی خشک کردن بذر کلزا آزمایش کرده و با توجه به درصد جوانه‌زنی تیمارهای خشک شده نتیجه گرفتند رطوبت اولیه ۱۲ درصد در دانه مناسب‌ترین رطوبت برای برداشت دانه‌ها به منظور استفاده بذری و روغن‌کشی می‌باشد و دمای ۴۰°C نیز مناسب‌ترین دما برای خشک کردن بذر کلزا است (۱۸). در مورد بهینه‌سازی فرایندهای پس از برداشت کلزا اذعان شد که برداشت دانه با رطوبت ۱۴ تا ۱۶ درصد بر پایه خشک و تقلیل رطوبت آن به حدود ۸ درصد با استفاده از دمای ۸۰ تا ۸۵°C موجب دستیابی به کمیت و کیفیت مناسب روغن استحصالی از کلزا خواهد شد.همچنین در صورت وجود تهویه مناسب قابلیت انبارمانی این محصول تا ۸ ماه قابل افزایش می‌باشد (۲۱). در این تحقیق با استفاده از یک دستگاه خشک‌کن بستر سیال نوع وعده‌ای، سیال‌سازی بستر کلزا در فرایند خشک کردن در محدوده ۳۰ تا ۱۰۰°C، بر روی زمان خشک شدن کلزا بررسی شد. شاخص‌های کمی و کیفی روغن استحصالی از

محصول خشک شده نظیر درصد روغن، درصد اسیدهای چرب آزاد (اسیدیته)، اندیس پراکسید و رنگ روغن در نمونه‌های خشک شده با دستگاه و شرایط طبیعی، نیز مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

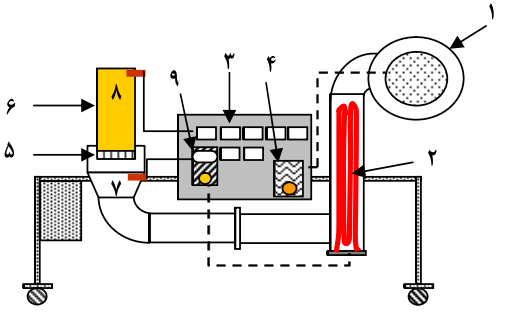
مواد و روشها

در این با استفاده از یک دستگاه خشک‌کن بستر سیال نوع وعده‌ای (شکل ۱) تأثیر سیال‌سازی دانه‌های کلزا رقم اپرا (Opera) در محدوده دمایی در محدوده دمایی ۳۰ تا ۱۰۰°C برای هر دو حالت بستر ثابت و سیال تحقیق شد. تغییرات دما در هشت سطح (۴۰،۳۰، ۵۰،۹۰،۸۰،۷۰،۶۰ و ۱۰۰?C) و وضعیت بستر محصول در دو سطح ثابت و سیال بود، شاخص‌های مورد بررسی زمان خشک شدن و برخی خصوصیات کمی و کیفی روغن استحصالی از محصول خشک شده نظیر درصد روغن، درصد اسیدهای چرب آزاد (اسیدیته)، اندیس پراکسید و رنگ روغن در تیمارهای آزمایش بود. قبل از شروع آزمایشات، به منظور جلوگیری از تبادل رطوبت نمونه‌ها با محیط و فسادپذیری، دانه‌های برداشت شده در کیسه‌های نایلونی در بسته از جنس پلی اتیلن و در دمای ۴?C نگهداری شدند. تیماربندی متغیرهای مستقل مطابق با جدول ۱ انجام شد. شاخص‌های مربوط به فرایند خشک شدن و روغن استحصالی از کلزا، با استفاده از آزمایش فاکتوریل و طرح آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون SNK[1] انجام شد (۸). به منظور تجزیه و تحلیل‌های آماری‌از نرم‌افزارهای SPSS13.0 و Statistica6.0 استفاده شد.

جدول۱- معرفی متغیرهای مستقل و سطوح تغییرات آنها در آزمایش

متغیر	سطوح تغییرات
دما (?C)	۳۰ (T1)، ۴۰ (T2)، ۵۰ (T3)، ۶۰ (T4)، ۷۰ (T5)، ۸۰ (T6)، ۹۰ (T7)، ۱۰۰(T8)
بستر محصول	(D1) ثابت ، (D2) سیال

در این تحقیق برای هر دو حالت بستر ثابت و سیال حدود ۲۲۰۰ گرم دانه کلزا با رطوبت اولیه حدود ۲۰٪ بر پایه خشک، با ارتفاع لایه محصول ۱۰ سانتیمتر خشک شد. محدوده دما و رطوبت نسبی محیط در زمان آزمایشات به ترتیب ۲۳ تا ۲۵?C و ۳۸ تا ۴۶٪ اندازه‌گیری شد. به منظور سیال‌سازی تیمارهای آزمایش از مکانیزم تغییر دور دمنده استفاده شد که با استفاده از باد سنج پره‌ای لوترون (مدل AM-4205) با دقت ۰/۱ m/s سرعت جابجایی هوا در محفظه خشک کن در فرکانس‌های مختلف اندازه‌گیری شد. برای تنظیم دما در خشک‌کن از ترموستات دیجیتال آدنیس با دقت ۱ ?C دارای سنسورترموکوپل نوع K استفاده شد. برای سیال‌سازی مناسب دانه‌ها فرکانس تنظیم ۵۰Hz برای تغییر دهنده دور موتور فن بدست آمد و سرعت هوا در قسمت بالای استوانه خشک کن، در شرایط وجود محصول در حدود ۱/۲ m/s اندازه‌گیری شد (۱۲، ۱۳). برای تأمین حالت بستر ثابت در خشک کردن تیمارها، ۵۰ درصد از فرکانس تنظیم کم شدوسرعت هوای در خشک‌کن ۰/۵m/s اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است سرعت جابجایی هوای خروجی برای دستیابی به آستانه سیال سازی دانه‌های کلزا، حدود ۰/۷ m/s بود که با ادامه افزایش سرعت هوا، مرحله حباب‌سازی شروع و پس از آن سیال‌سازی دانه‌ها انجام شد. لازم به ذکر است که در این تحقیق، تأثیر سرعت جابجایی هوا بر فرایند خشک کردن کلزا به صورت تغییر شرایط بستر محصول در خشک کن مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل۱- طرحواره خشک کن بستر سیال مورد استفاده در تحقیق در شکل بالا: (۱) دمنده، (۲) هیترهای برقی، (۳) دماسنج‌ها، (۴) تنظیم‌کننده دور موتوردمنده، (۵) صفحه توزیع کننده جریان هوا، (۶) محفظه خشک‌کن، (۷) سنسور دمای هوای ورودی به محفظه خشک‌کن، (۸) سنسور دمای هوای خارج شده از محفظه خشک‌کن (۹) تنظیم کننده دمای هوای ورودی به محفظه خشک‌کن

1. Student-Newman-Keuls

در فرایندهای خشک کردن، متغیرهای مورد بررسی عبارت بودند از: اندازه‌گیری مدت زمان خشک شدن کلزا برای تیمارهای مختلف تا سطح رطوبت قابل قبول ۷ درصد بر پایه خشک (متوسط محدوده قابل پذیرش ۶ تا ۸ درصد) که بر اساس منابع و تحقیقات پیشین در نظر گرفته شد (۵، ۲۶، ۳۲). برای این منظور با استفاده از یک ترازوی دیجیتال ساخت شرکت توزین الکتریک TEC-110 با ظرفیت ۱۰ کیلو گرم و دقت ۱g ± ، تغییرات وزن نمونه‌های آزمایش در فواصل ۱۵ دقیقه‌ای به صورت ناپیوسته انجام و نتایج ثبت شد (۱۵، ۲۸). پس از عدم وجود تغییر در وزن نمونه‌های آزمایش و پایان فرایند خشک کردن کلزا، برای هر تیمار در سه تکرار اقدام به نمونه‌گیری شده و نمونه‌ها توسط یک ترازوی دیجیتال ساخت شرکت AND مدل 300i و دارای دقت ۰/۰۱ g ± توزین شدند. سپس با استفاده از آون اتمسفریک در دمای ۱۳۰?C به مدت ۳ ساعت هر نمونه بطور کامل خشک و مجدداً توزین شد (۱۱، ۲۶). پس از آن به وسیله رابطه زیر مقدار رطوبت هر کدام از نمونه‌ها در پایان فرایند خشک شدن مشخص شد.

$$M_f = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

در این رابطه:

W_1 = وزن نمونه تر (g)

W_2 = وزن نمونه خشک (g)

M_f = رطوبت بدست آمده از نمونه در پایان آزمایش خشک کردن (% d.b)

با میانگین گیری از سه M_f بدست آمده، رطوبت تیمار آزمایش در پایان فرایند خشک کردن بدست آمد. پس از خاتمه عملیات خشک کردن کلزا عملیات استحصال روغن از تیمارهای آزمایش و نمونه خشک شده در شرایط طبیعی شهر کرج در ماه خرداد (تیمار شاهد)، انجام و شاخص‌های کمی و کیفی روغن استحصالی نظیر درصد روغن، درصد اسیدهای چرب آزاد (اسیدیته)، اندیس پراکسید و رنگ روغن در دو مرحله انجام شد. ابتدا خواص کیفی کلیه تیمارهای خشک شده توسط دستگاه با یک تیمار خشک شده در شرایط طبیعی بعنوان شاهد مقایسه و ارزیابی شد. سپس در مرحله دوم تأثیرات تغییرات دما و بستر محصول در خشک کن بر روی خواص کیفی ذکر شده مورد بررسی و آزمون قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری و بررسی شاخصهای کمی و کیفی ذکر شده از روش‌های استاندارد و مرسوم در صنایع غذایی به شرح زیر استفاده گردید. برای استحصال و اندازه‌گیری مقدار کل روغن استخراجی از تیمارهای آزمایش با استفاده از حلال هگزان در دستگاه سوکسله انجام شد. پس از آن برای تعیین اسیدیته روغنهای استخراجی از روش استاندارد انگلستان استفاده شد. مرحله بعد تحقیق بررسی میزان اندیس پراکسید بود که با روش استاندارد ملی شماره ۴۱۷۹ انجام شد. برای اندازه‌گیری و سنجش رنگ روغن استحصالی از نمونه‌های آزمایش که اغلب مخلوطی‌از رنگهای قرمز و زرد است، از روش اسپکتروفتومتری برای تعیین رنگ زرد بر حسب لاویباوند ۱ استفاده شد (۳، ۷، ۱۷، ۲۷)

نتایج و بحث

فرایند خشک کردن کلزا

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به زمان خشک شدن تیمارهای آزمایش بصورت جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از جدول فوق نتیجه‌گیری می‌شود که تغییرات دما و سیال‌سازی بستر محصول در حین فرایند خشک کردن دارای تأثیر بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ بر فرایند خشک کردن کلزا دارد. همچنین اثر متقابل تغییرات دما و بستر محصول نیز دارای تأثیر بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ بر روی زمان خشک شدن این محصول می‌باشد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس زمان خشک شدن کلزا

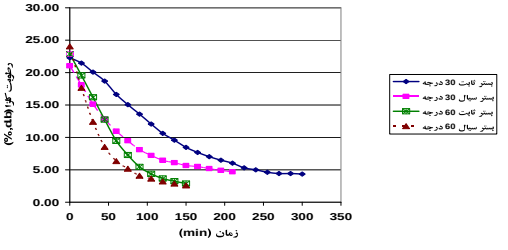
منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS) زمان خشک شدن
دما	۷	۸۹۱۴/۰۰**
وضعیت بستر	۱	۶۱۴۲/۶۹**
دما × وضعیت بستر	۷	۶۸۵/۰۲**
خطا	۳۲	۶۰/۷۷
کل	۴۷	
CV		۱۰/۱۱

** وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪

1. Lovibond Tintometer

با توجه به مقایسه میانگین‌های انجام شده (جدول ۳) نتیجه‌گیری می‌شود که در هر دو حالت بستر ثابت و بستر سیال، افزایش دما بدلیل بالا رفتن ظرفیت هوا برای جذب رطوبت و نیز افزایش انرژی فعال‌سازی برای دفع رطوبت از ماده موجب تبادل سریع رطوبت و کاهش معنی‌دار زمان خشک شدن بین تیمارهای آزمایش شده است. این تأثیر در دمای ۱۰۰?C بسیار بارز بوده و زمان خشک شدن را ۷۵٪ نسبت به دمای ۳۰?C کاهش می‌دهد.

همچنین، نتایج در اغلب موارد نشان می‌دهد که سیال سازی محصول در حین فرایند خشک کردن در کاهش زمان خشک شدن کلزا دارای تأثیر معنی‌دار بوده که این تأثیر در دماهای کمتر از ۶۰?C بارزتر می‌باشد. روند تغییرات رطوبت کلزا در واحد زمان (شکل۲) برای هر دو دما و در هر دو حالت بستر ثابت و سیال، نشان می‌دهد که در مراحل اولیه فرایند روند تغییرات رطوبت محصول در واحد زمان دارای شیب بیشتری نسبت به حالت بستر ثابت می‌باشد. با گذشت زمان و کاهش رطوبت محصول، روند تغییرات رطوبت محصول نزدیک به یکدیگر شده و تا به تعادل رسیدن رطوبت دانه با هوای پیرامون (حدود ۴/۵ درصد بر پایه خشک برای دمای ۳۰?C و حدود ۲/۵ درصد بر پایه خشک برای دمای ۶۰?C) ادامه می یابد. همانگونه که در شکل مشخص است، با افزایش دما موجب افزایش انرژی جنبشی مولکولهای هوا شده و قابلیت جذب رطوبت هوا بیشتر می‌شود به همین دلیل در شرایط مشابه کاربرد دمای ۶۰?C نسبت به دمای ۳۰?C موجب افزایش سرعت خشک شدن می‌شود. همچنین در خشک کردن کلزا با روش بستر سیال به دلیل هوادهی بهتر دانه‌ها، انتقال رطوبت به هوای پیرامون بیشتر شده و ملاحظه می‌شود که آهنگ خشک شدن در مراحل ابتدایی فرایند که رطوبت لایه‌های سطحی از ماده جدا می‌شود نسبت به حالت‌های بستر ثابت سریع‌تر می‌باشد. با محدود شدن سرعت انتقال رطوبت از لایه‌های داخلی به سطح ماده در انتهای فرایند، روند خشک شدن کند شده و بین روند تغییرات رطوبت تیمارهای بستر ثابت و سیال در دماهای یکسان اختلاف چشمگیری ملاحظه نمی‌شود. در واقع نتایج بدست آمده از میانگین‌گیری تغییرات دما و سیال‌سازی بستر (جدول ۳) موید تأثیرگذاری افزایش دما و سیال‌سازی بستر کلزا در حین فرایند خشک کردن به میزان قابل توجه می‌باشد که در مجموع سیال‌سازی محصول موجب کاهش ۲۹ درصدی زمان خشک شدن شده است. علاوه بر آن، کاربرد تکنیک سیال‌سازی محصول در دماهای محیط یا نزدیک به آن و با رطوبت نسبی پائین در کاهش مصرف انرژی حرارتی که در فرایند خشک کردن محصولات کشاورزی بسیار حائز اهمیت بوده و نقش موثری دارد. همانگونه که در تحلیل نتایج بدست آمده می‌توان اذعان داشت، هنگامیکه کاربرد دماهای بالا برای کیفیت محصول نیز محدود می‌باشد و یا کاربری دماهای بالا که موجب صرف انرژی زیاد می‌باشد می‌توان از این روش در دماهای پائین‌تر استفاده نمود و محصول را با حداقل دمای مورد استفاده و صرف انرژی کمتر در زمان کوتاهی خشک کرد.



شکل۲- روند تغییرات رطوبت کلزا ناشی از سیال سازی محصول در دماهای ۳۰ و ۶۰?C

با درنظر گرفتن روند تغییرات آهنگ خشک شدن کلزا در این دو دما نیز ملاحظه می‌شود، در کنار افزایش دما در خشک‌کن، سیال‌سازی محصول موجب تبادل بهتر رطوبت دانه با هوای داخل خشک‌کن و افزایش آهنگ خشک کردن کلزا می‌گردد. این مسئله به دلیل وجود رطوبت بالا درجداره خارجی و سطح دانه‌ها در مراحل ابتدایی فرایند بیشتر مشهود بوده و با کاهش رطوبت دانه آهنگ خشک شدن محصول به شرایط بستر ثابت نزدیک می‌شود. با توجه به منحنی‌های سینتیک بدست آمده از فرایند خشک شدن تیمارهای آزمایشات و تحلیل‌های آماری داده‌های بدست آمده در مجموع نتیجه‌گیری شد که علاوه بر افزایش دمای خشک‌کن، بکارگیری تکنیک سیال‌سازی محصول نیز در حین فرایند خشک کردن محصولات کشاورزی موجب قابلیت بهتر تبادل رطوبت بین محصول و هوای پیرامون شده و سرعت خشک شدن محصول را افزایش می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های زمان خشک شدن کلزا (min) *

وضعیت بستر	دما (°C) ۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰	میانگین
بستر ثابت	۱۷۰/۰ h	۱۲۰/۰ g	۱۰۵/۰ gf	۸۰/۷ e	۷۱/۳ e	۵۹/۷ cd	۴۸/۷ bc	۴۰/۷ b	۸۷/۰
بستر سیال	۱۱۵/۰ g	۸۵/۰ ef	۷۵/۳ e	۵۷/۷ cd	۵۱/۳ cd	۴۳/۷ b	۳۴/۳ a	۲۹/۷ a	۶۱/۵
میانگین	۱۴۲/۵	۱۰۲/۵	۹۰/۲	۶۹/۲	۶۱/۳	۵۱/۷	۴۱/۵	۳۵/۲	

* میانگین‌های دارای حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ نمی‌باشند.

شاخص‌های مربوط به روغن استحصالی

مقایسه شاخص‌های کیفی تیمار شاهد با نمونه‌های خشک شده با دستگاه

نتایج تجزیه واریانس و میانگین داده‌های مربوط به مقدار، رنگ، اسیدیته و عدد پراکسید روغن استحصالی از تیمارهای آزمایش بصورت جداول ۴ و ۵ ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های کیفی روغن استخراج شده از تیمارها

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات(MS) درصد روغن	اسیدیته	رنگ	عدد پراکسید ♦
تیمار	۷	۱۵/۱۷۵ **	۰/۰۱۸ **	۱/۰۳۹ **	۰/۰۰ n.s
خطا	۳۲	۰/۲۴۹	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۵	۰/۰۰
کل	۴۷				
CV		۱/۳۵	۶/۲۴	۰/۸۳	-

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

n.s عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

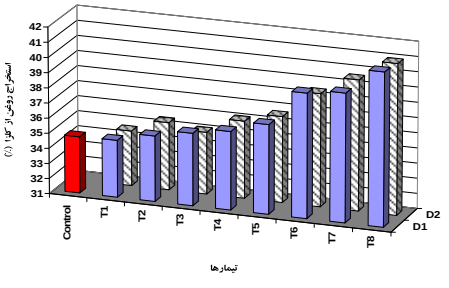
♦ مقدار شاخص پراکسید برای تمام تیمارهای آزمایش بسیار ناچیز و نزدیک به صفر بدست آمد.

نتایج بدست آمده حاکی از آن است که به غیر از عدد پراکسید از نظر سایر شاخص‌های‌کیفی ذکر شده در تحقیق، تیمارها دارای اختلاف معنی داری با یکدیگر می‌باشند.

تغییرات مقدار روغن استحصالی

مقدار روغن استحصالی از تیمارهای آزمایش (جدول ۵) بین ۳۴/۷۳ تا ۴۰/۹۷ درصد تغییر نمود که در حدود ذکر شده در منابع قرار داشت (۱، ۹، ۲۰). افزایش دما در بین تیمارها موجب افزایش مقدار روغن استحصالی از کلزا شده است که این تأثیر برای هر دو حالت بستر ثابت و بستر سیال، بین دماهای ۳۰ تا ۵۰ و تیمار شاهد معنی‌دار نمی‌باشد. با افزایش دما از ۶۰?C به بعد اختلاف معنی‌داری بین روغن استحصالی از تیمارها و تیمار شاهد ملاحظه می‌شود. این اختلاف در حالت بستر سیال برای دمای ۱۰۰?C به حدود ۱۸ درصد می‌رسد که با در نظر گرفتن صرفه اقتصادی افزایش دمای خشک‌کن را تا دمای ذکر شده توجیه‌پذیر می‌کند. در تحقیقات انجام شده قبلی نیز افزایش دما در خشک کردن کلزا تا ۸۰?C موجب استحصال بیشتر روغن از کلزا شده است و خشک کردن کلزا با دماهای بیشتر از ۱۰۰?C در مقایسه با دماهای پائین‌تر، به دلیل تجزیه حرارتی انجام شده در محصول، موجب کاهش معنی‌دار در استحصال روغن از دانه‌های خشک شده بود. دمای بهینه خشک کردن کلزا برای مصارف خوراکی ۹۰-۸۰?C گزارش شده است (۱۸، ۲۲، ۲۳).

روند افزایشی استحصال روغن در اثر افزایش دمای خشک کردن دانه در شکل ۳ ملاحظه می‌شود. در هر دو حالت بسترهای ثابت و سیال، رطوبت‌دهی مجدد کلزا و افزایش دمای خشک کردن موجب ایجاد تنش‌های حرارتی، چروک سطحی و کاهش چسبندگی پوسته به مغز دانه شده و به همین دلیل امکان جداشدن سریعتر پوسته از دانه‌ها وجود داشته و به دلیل وجود غالب روغن در لپه‌ها، روغن استحصالی از دانه‌های خشک شده در دماهای بالا بطور قابل توجهی بیشتر از دانه‌های خشک شده در دماهای پائین‌تر می‌باشد (۹).



شکل ۳- مقایسه روند تغییرات استخراج روغن در تیمارهای آزمایش

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخصهای کیفی روغن استحصالی

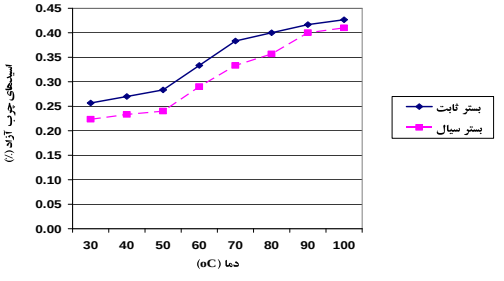
تیمار	مقدار روغن (٪)	اسیدیته (٪)	رنگ (لاویباند)	عدد پراکسید (meq/kg)
شاهد (Control)	۳۴/۷۳^{a}	۰/۱۹^{a}	۷۰/۳۰^{a}	۰/۰۰
T1D1	۳۴/۷۷^{a}	۰/۲۶^{bcd}	۷۰/۴۷^{a}	۰/۰۰
T1D2	۳۴/۶۳^{a}	۰/۲۲^{a}	۷۰/۴۷^{a}	۰/۰۰
T2D1	۳۵/۳۳^{ab}	۰/۲۷^{bcd}	۷۱/۱۰^{b}	۰/۰۰
T2D2	۳۵/۴۶^{ab}	۰/۲۳^{ab}	۷۰/۹۷^{b}	۰/۰۰
T3D1	۳۵/۷۹^{abc}	۰/۲۸^{cd}	۷۱/۱۷^{bc}	۰/۰۰
T3D2	۳۵/۱۰^{ab}	۰/۲۴^{bc}	۷۱/۰۵^{b}	۰/۰۰
T4D1	۳۶/۱۸^{bc}	۰/۳۳^{e}	۷۱/۵۵^{cdef}	۰/۰۰
T4D2	۳۶/۱۱^{bc}	۰/۲۹^{d}	۷۱/۲۲^{bcd}	۰/۰۰
T5D1	۳۶/۹۱^{c}	۰/۳۸^{fg}	۷۱/۶۲^{defg}	۰/۰۰
T5D2	۳۶/۶۹^{c}	۰/۳۳^{e}	۷۱/۳۳^{bcde}	۰/۰۰
T6D1	۳۹/۲۴^{de}	۰/۴۰^{fg}	۷۲/۰۰^{fgh}	۰/۰۰
T6D2	۳۸/۴۷^{d}	۰/۳۶^{ef}	۷۱/۷۲^{efgh}	۰/۰۰
T7D1	۳۹/۵۲^{e}	۰/۴۲^{g}	۷۲/۰۱^{fgh}	۰/۰۰
T7D2	۳۹/۶۴^{e}	۰/۴۰^{fg}	۷۱/۹۳^{fgh}	۰/۰۰
T8D1	۴۱/۱۶^{f}	۰/۴۳^{g}	۷۲/۱۴^{h}	۰/۰۰
T8D2	۴۰/۹۷^{f}	۰/۴۱^{g}	۷۲/۰۵^{gh}	۰/۰۰

* میانگین‌های دارای حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ نمی‌باشند.

نظیر این نتیجه در تحقیقات انجام شده در مورد روش‌های جداسازی پوسته از دانه کلزا نیز گزارش شده است. در آن تحقیقات ذکر شده که مرطوب نمودن کلزا قبل از خشک کردن موجب آماس و بادکردگی دانه‌ها شده و دماهای بالاتر از ۵۵?C در خشک کردن مجدد، موجب چروکیدگی مجدد آنها می‌شود که این انبساط و انقباض موجب سهولت در پوست‌گیری و کاهش ضایعات خواهد شد (۲۳، ۳۱).

تغییرات اسیدیته روغن

مقایسه میانگین‌های انجام شده در رابطه با تغییرات اسیدیته روغن (جدول ۵) نشان می‌دهد که تغییرات این شاخص در بین تیمارها از ۰/۱۹ تا ۰/۴۳ درصد بوده و تیمار شاهد دارای حداقل مقدار اسیدیته بود. با افزایش دما در هر دو حالت بستر ثابت و بستر سیال، در بین تیمارها مقدار اسیدیته روغن در نمونه های آزمایشی بالا می‌رود و بعد از دمای ?C ۵۰ ، اختلافات بین تیمارها در سطح ۵٪ معنی دار می‌شوند. این مقدار بین تیمار شاهد و نمونه‌های خشک شده در دمای ۱۰۰ به حدود ۱۲۶ درصد می‌رسد. نتایج تحقیقات انجام شده قبلی نشان می‌هد که افزایش دمای خشک‌کن تا ۸۵?C دارای تأثیر مخربی بر روی روغن کلزا نمی‌باشد (۱۶). در این تحقیق نتیجه‌گیری شد که علاوه بر تأثیر معنی‌دار تغییرات دما بر روی افزایش شاخص اسیدیته روغن استحصالی، سیال‌سازی کلزا به هنگام فرایند خشک کردن در تمام موارد موجب کاهش قابل توجه اسیدیته می‌شود (شکل ۴). مقدار مجاز اسیدیته در روغن خام اغلب دانه‌های روغنی بین ۰/۰۴ تا ۱۰ ٪ در تغییر بوده و بعضاً می‌تواند به ۲۰٪ هم برسد (۱۷، ۱۹). داده‌های این شاخص برای کلیه آزمایش‌ها کمتر از ۰/۵٪ بدست آمد. در تحقیق محمدزاده و یقبانی (۱۳۸۴) این شاخص برای رقم PF در محدوده دمایی ۶۵ تا ۱۰۵?C بین ۰/۶۹ تا ۱/۲۰ درصد تغییر کرد.



شکل۴- مقایسه روند افزایش اسیدیته روغن استخراج شده از کلزا در شرایط بسترهای ثابت و سیال

تغییرات رنگ روغن

مقایسه میانگین‌های انجام شده (جدول۵) نشان می‌دهد که به غیر از تیمارهای T1D1 و T1D2 بین تیمار شاهد و الباقی تیمارهای دیگر در تغییرات رنگ روغن اختلاف معنی‌داری ملاحظه می‌شود. دامنه تغییرات رنگ روغن استحصالی بین ۷۰/۳۰ تا ۷۲/۱۴ واحد لاویباوند برای تیمارهای شاهد و تیمار T8D1 بدست آمد. در واقع با افزایش دما تیرگی بیشتری بین رنگ روغن تیمارهای آزمایش ملاحظه گردید که این تأثیر در دماهای بیش از

۸۰?C به بیشترین مقادیر خود بین تیمارهای آزمایش می‌رسد. نتایج بدست آمده از تحقیقات قبلی نیز موید تأثیر افزایش دما بر روی تیرگی رنگ روغن بوده که در تحقیق حسین‌خواه و مومن (۱۳۸۳) برای دماهای ۸۰ تا ۱۲۰?C تغییرات رنگ بین ۷۲/۱ تا ۹۲/۳ واحد لاویباند و در تحقیق محمدزاده (۱۳۸۰) برای دماهای ۶۵ تا ۱۰۵ ?C تغییرات رنگ بین ۷۱/۳ تا ۸۹/۳ واحد لاویباند بدست آمد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج غالی و سادرلند(۱۹۸۴)نیز توافق دارد.

تغییرات عدد پراکسید روغن

مقایسه میانگین انجام شده بین تیمارها (جدول ۵) نیز نشان داد که عدد پراکسید روغن استحصالی دستخوش تغییر نشده و برای تمامی تیمارها بسیار ناچیز و در حدود صفر می‌باشد. در واقع نتایج بدست آمده مبین این موضوع می‌باشد که تغییرات دما و سیال سازی محصول در محدوده دمایی ۳۰ تا ۱۰۰?C تأثیری بر عدد پراکسید روغن استحصالی از کلزا ندارد. نظیر نتایج فوق در تحقیقات گذشته نیز بدست آمد (۱۸، ۲۳).

۲- مقایسه شاخص‌های کیفی نمونه‌های خشک شده توسط دستگاه با یکدیگر

برای مرحله دوم و بررسی اختلاف میان تیمارهای خشک شده، نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص‌های کیفی روغن استحصالی از تیمارهای آزمایش به شرح جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های کیفی روغن استخراج شده از تیمارها

منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS) درصدروغن	اسیدیته	رنگ	پراکسید ♦
دما	۷	۳۱/۸۷۲ **	۰/۰۳۱ **	۱/۷۹۵ **	۰/۰۰
وضعیت بستر	۱	۰/۶۳۳ n.s	۰/۰۱۵ **	۰/۳۳۰ **	۰/۰۰
دما × وضعیت‌بستر	۷	۰/۱۷۲ n.s	۰/۰۰۰۲ n.s	۰/۰۲۱ n.s	۰/۰۰
خطا	۳۲	۰/۲۵۶	۰/۰۰۰۴	۰/۰۳۵	۰/۰۰
کل	۴۷				
CV		۱/۳۶	۶/۰۶	۰/۲۶	-

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

n.s. عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

♦ مقدار شاخص پراکسید برای تمام تیمارهای آزمایش بسیار ناچیز و حدود صفر بدست آمد.

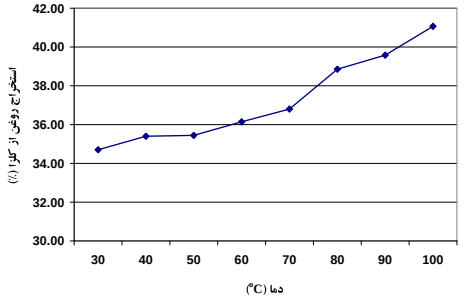
همانگونه که در جدول بالا مشخص است، تغییرات دما بر روی پارامترهای درصد، اسیدیته و رنگ روغن استخراجی دارای تأثیر معنی‌دار در سطح ۱٪ می‌باشد. در حالیکه تغییر وضعیت بستر از ثابت به سیال بر روی درصد روغن بدست آمده تأثیر معنی‌داری نداشته و تنها بر روی مقدار اسیدیته و رنگ روغن در سطح ۱٪ دارای اثر معنی‌دار می‌باشد. برای هیچکدام از پارامترهای ذکر شده اثر متقابلی بین تغییرات دما و بستر محصول مشاهده نشد. تغییرات فاکتورهای دما و بستر محصول و همچنین اثر متقابل بین آنها بر روی عدد پراکسید روغن استخراجی از تیمارها بسیار ناچیز بوده و دارای اثر معنی‌دار نبود. همانطور که در جدول مقایسه میانگین‌های فاکتورهای کیفی تیمارهای خشک شده با دستگاه ملاحظه می‌شود (جدول ۷)، تغییرات دما از ۳۰ به ۱۰۰?C غالباً بطور معنی‌داری موجب افزایش قابلیت استحصال روغن از نمونه‌های خشک شده است. این تأثیر برای دماهای بیشتر از ۷۰?C بسیار قابل ملاحظه می‌باشد (شکل۵). این در حالی است که سیال‌سازی بستر تأثیری بر مقدار استحصال روغن نخواهد داشت و نتایج مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان می‌دهد که سیال‌سازی محصول به هنگام خشک شدن تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن استحصال شده از دانه‌های خشک شده ندارد و برای هر دو حالت تغییرات مقدار روغن استحصالی بطور متوسط حدود ۰/۷ درصد تغییر می‌کند.

جدول ۷- مقایسه میانگین های روغن استخراجی، اسیدیته، رنگ برای متغییرهای آزمایش ♦

متغیر های آزمایش	روغن استحصالی (٪)	اسیدیته (٪)	رنگ (لاویباوند)
دما (T)			
۳۰	۳۴/۷۰ a	۰/۲۴ a	۷۰/۴۷ a
۴۰	۳۵/۴۰ b	۰/۲۵ a	۷۱/۰۴ b
۵۰	۳۵/۴۴ b	۰/۲۶ a	۷۱/۱۱ b
۶۰	۳۶/۱۵ c	۰/۳۱ b	۷۱/۳۹ c
۷۰	۳۶/۸۰ d	۰/۳۶ c	۷۱/۴۸ c
۸۰	۳۸/۸۶ e	۰/۳۸ c	۷۱/۸۶ d
۹۰	۳۹/۵۸ f	۰/۴۱ d	۷۱/۹۷ d
۱۰۰	۴۱/۰۷ g	۰/۴۲ d	۷۲/۰۹ d
وضعیت بستر (D)			
ثابت	۳۷/۳۶ A	۰/۳۵ A	۷۱/۵۱ A
سیال	۳۷/۱۳ A	۰/۳۱ B	۷۱/۳۴ B

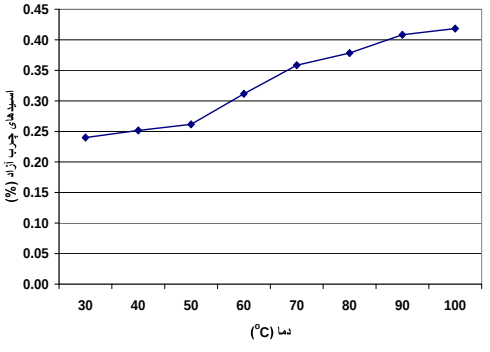
* میانگین‌های دارای حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ نمی‌باشند.

♦ اثر متقابل وضعیت بستر × دما قبلاً در جدول ۶ مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفته است.



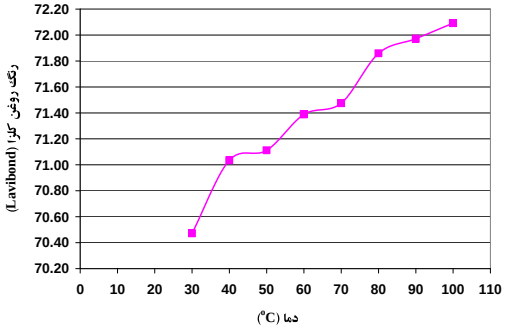
شکل ۵- تأثیر افزایش دما بر استحصال روغن از کلزا خشک شده

جدول مقایسه میانگینهای مربوط به اسیدیته (جدول۷) مبین این موضوع می‌باشد که علاوه بر تأثیر معنی‌دار تغییرات دما بر روی افزایش شاخص اسیدیته روغن استحصالی (شکل۶)، سیال‌سازی کلزا به هنگام فرایند خشک کردن موجب کاهش معنی‌دار اسیدیته می‌شود.



شکل ۶- تغییرات اسیدیته روغن با افزایش دما در فرایند خشک کردن کلزا

در این پژوهش بین دماهای آزمون، سیال‌سازی دانه کلزا به طور متوسط موجب کاهش اسیدیته روغن به میزان حدود ۱۱ درصد شد. پائین بودن اسیدیته روغن شاخص مناسبی برای کیفیت، دوام و پایداری روغن در مقابل فساد پذیری می‌باشد که در این تحقیق نتیجه‌گیری شد در مقایسه با خشک کردن کلزا در بستر ثابت، سیال سازی کلزا به هنگام خشک شدن موجب عدم افزایش این شاخص در روغن استحصالی از کلزا می‌شود. در این تحقیق، متوسط تغییرات اسیدیته روغن در اثر تغییرات دما، بین ۰/۲۴ تا ۰/۴۲ درصد بود که در مقایسه با نتایج تحقیقات انجام شده قبلی بطور قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. این شاخص در تحقیق حسین‌خواه و مومن (۱۳۸۳) برای محدوده دمایی ۸۰ تا ?C ۱۲۰، در حدود ۰/۷۹ تا ۱/۵۲ درصد و در تحقیق محمدزاده (۱۳۸۰) برای محدوده دمایی ۶۵ تا ?C۱۰۵ ، در حدود ۰/۶۹ تا ۱/۲ درصد بدست آمد. در رابطه با تأثیر سیال‌سازی و دما بر روی رنگ روغن استحصالی از مقایسه میانگین‌های تیمارهای‌آزمایش(جدول۷) نتیجه‌گیری شدکه سیال‌سازی بستر دارای تأثیر معنی‌داری بر روی رنگ روغن بوده و این شاخص کمتر از حالت بستر ثابت می‌باشد. بطور متوسط تغییرات رنگ بین تیمارهای خشک شده در حالت‌های بستر ثابت و بستر سیال ۷۱/۵۱ تا ۷۱/۳۴ بدست آمد. افزایش دما نیز بر روی تغییر معنی‌دار رنگ روغن موثر بوده و تغییرات دمای خشک کردن افزایش شاخص رنگ روغن می‌شود. روند این تغییرات برای دماهای ۳۰، ۵۰، ۷۰ و بالاتر از ?C۸۰ بارزتر می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۷- تغییرات رنگ روغن با افزایش دما در فرایند خشک کردن کلزا

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق نتیجه‌گیری شد که کاربرد تکنیک سیال‌سازی کلزا در کاهش زمان خشک شدن بخصوص در ۳۰ دقیقه اول فرایند، دارای تأثیری قابل توجه بوده و در بهبود برخی شاخص‌های کیفیت روغن استحصالی نظیر رنگ و اسیدیته نیز موثر می‌باشد. همچنین برخی شاخصهای دیگر نظیر مقدار روغن استخراجی و عدد پراکسید روغن نیز با سیال‌سازی دستخوش تغییر نمی‌شود. همچنین داده‌های تحقیق نشان داد که بیشترین تأثیر

سیال‌سازی بر کاهش زمان خشک شدن، در مراحل ابتدایی فرایند خشک شدن اتفاق می‌افتد و می‌تواند در بهینه‌سازی فرایند خشک کردن محصول مد نظر قرار گیرد. با توجه به تحقیق انجام شده اگر خشک کردن کلزا در دماهای پائین مدنظر باشد، کاربرد تکنیک سیال‌سازی به منظور حفظ عمده خواص کیفی روغن استحصالی پیشنهاد می‌شود. علاوه برآن در صورتیکه نیاز به خشک کردن این محصول در مقیاس صنعتی باشد، کاربرد ترکیبی تکنیک‌های بستر ثابت و بستر سیال در خشک کردن این محصول نیز پیشنهاد می‌گردد.

REFERENCES

1. Ahmadi, M.R. & F. Javidfar. 1998. Nutrition of the oil rape crop. Oil seed cultivation developing Co. : 17-18
2. Amiri Chayjan, R. 2001. Design and fabrication of a laboratory fluidized bed dryer for grain products. MSc. Thesis, Agricultural Faculty, Tarbiat modarres university, 141 pages.
3. Anonymous. 1998. Measurement of peroxide value in edible oil and fat. Specification.Standard No: 4179. Iranian Standard and Industrial Research Institute. Karadj, Iran.
4. Anonymous. 2001 Conditioning of canola. Canola Council of Canada. http://www.canola-council.org/storage.html
5. Anonymous. 2003. Canola production instruction in different climate of Iran. Oil seeds department, Seed and Plant improvement institute(annual report).
6. Anonymous. 2006. statistical report of cultivation year 2004 – 2005. Agricultural Jihad ministry of Iran. Vol 1, 271 pages.
7. A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Washington DC, U.S.A.
8. Bassiri, A. 1995. Statistical designs in agricultural sciences. Shiraz university press, 595 pages.
9. Azizi, M., M. Soltani, & S. Khavari Khorasani. 1999. Brassica oil seeds (production) Jihad Daneshghahi Mashhad perss: 57-58.
10. Board, N. 2000. The Complete Technology Book on Processing, Dehydration, Canning, Preservation of Fruits and Vegetables. NIIR Publication Division, India. 862 p.p.
11. Brooker, D. B., F. W. Bakker-Arkema, & C. W. Hall. 1992. Drying and storage of grains and oilseeds. An AVI book, Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A. 450 p.p.
12. Buman, I., Z. Bobic, Z. Dakovic, & M. Ukrainczyk. 2005. Time and speed of fruit drying on batch fluid beds. SADHANA, Academy proceeding in engineering sciences, Vol. 30, part 5: 687-698
13. Cubillos, F. & A. Reyes. 2003. Drying of carrots in a fluidized bed. II. Design of a model based on a modular neural network approach. Drying Technology, Vol 21, No. 7 : 1185-1196
14. Diamattia, D. G., P. R. Amyotte, & F. Hamdullahpur. 1996. Fluidized bed drying of large particles. Transactions of the ASAE. 39(5): 1745-1750.
15. Gazor, H. R. S. Minaee, & M. A. Rostammi. 2005. Influence of temperature and thickness on pistachio drying in batch dryers. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources., Vol. 11(4) : 81-94.
16. Ghaly T. F. & J.W. Sutherland. 1984. Heat damage to grain and seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 30(4): 337-345.
17. Hashemi Tonekaboni, S. A. 1985. Experiments of Oils and Fats. Center of Tehran's University Publisher. 633 pages.
18. Hosienkhah, R. & R. Familmomen. 2004. Study and determination of drying method for rapeseed. Report No: 83/1155. Agricultural Engineering Research Institute. Karaj, Iran., 20 pages.
19. Mirnezami Ziabary, S. H., & M. Sanei Shariatpanahi. 1996. General Experimental Analysis of Fat and Oils. Mashhad Publisher. 106 pages.
20. Mohammadzadeh, J. 2001. Study on effects of Canola drying condition on quantity and quality of produced oil. Report No: 80/346. Agricultural Engineering Research Institute. Karaj, Iran. 26 pages.

21.Mohammadzadeh, J. & M. Yaghbani. 2003. modification of rapeseed postharvest process. Abstract proceeding of 1st symposium on developing of Rapeseed cultivation in Gorgan province: 62
22.Mohammadzadeh, J. & M. Yaghbani. 2005. Effect of harvesting moisture and drying temperature of rapseed on oil quality. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources., Vol. 12(5) : 119-128.
23.Mohammadzadeh, J., R. Familmomen, & N. Maftoon Azad. 2004. Study of dehulling methods of Colza (Canola) and its effects on oil quality and quantity. Report No: 83/1466. Agricultural Engineering Research Institute. Karaj, Iran. 31 pages.
24.Morison, W.H. & J.S. Roberson. 1978. Oil point in technology estimation of dried rapeseed. J. Am. Chem. Soc. 55(2): 272-274.
25.Muir, W.E. & R.N. Sinha. 1985. Theoretical rates of flow of air at near ambient conditions required to dry rapeseed. Canadian Agricultural Engineering. 28(1): 45-49.
26.Pagano, A. M., C.A. Rovhein, & D.E. Crozza. 1999. Drying in bin of rapeseed with near ambient air. Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia.
27.Parvaneh, V. 1992. Quality Control and Chemical Experiments for Food; Tehran University Press: Tehran, 325 pages.
28.Rostami, M. A. & F. Mirdamadiha. 2004. Evaluation and comparison of current pistachio dryers in Kerman province. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 5, No 18 : 1-18.
29.Sadowska, J., J. Fornal, A. Ostaszyk, & B. Szmatowicz. 1996. Drying conditions and process ability of dried rapeseed. Journal of the Science of Food and Agriculture. 72(2): 257-262.
30.Shaker, M. 2003. Comparison of canola swathing at different seed moisture contents with combining. Report No: 227. Agricultural Engineering Research Institute. Karaj, Iran., 68 pages.
31.Thakor, N.J., S. Sokhansanj, I. McGregor, & S. McCurdy. 1995. Dehulling of canola by hydrothermal treatments. Journal of American Oil Chemists Society. 72: 597-602.
32.Ward, J. T., W. D. Basford, J. H. Hawkins, & J. M. Holliday. 1985. Oilseed Rape. Farming press LTD, Norway. 298 p.p.

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.