

اثرات سرعت دورانی خردکن چکشی، دما و زمان هم‌زدن بر کمیت و کیفیت روغن زیتون رقم روغنی

نسبیه ایزدی‌خواه، حسین مبلی*، عباس اکبرنیا، حجت احمدی و شاهین رفیعی**

* نگارنده مسئول، نشانی: کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، تلفن: ۲۸۰۸۱۳۸ (۰۲۶۱)، پیام‌نگار: Hmobli@ut.ac.ir
** به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد و استاد دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران؛ عضو هیئت علمی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران؛ استادیار و دانشیار دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۱۰

چکیده

چگونگی استحصال روغن زیتون می‌تواند بر کیفیت و کمیت روغن اثرگذار باشد. در این پژوهش روغن به‌دست آمده از خردکن چکشی در سرعت‌های دورانی ۷۲۰ و ۱۴۵۰ دور بر دقیقه، دماهای هم‌زدن ۳۰، ۴۵، و ۶۰ درجه سلسیوس و زمان هم‌زدن ۱۰، ۲۰، و ۳۰ دقیقه از نظر کمی (رطوبت و چربی) و کیفی (اسیدیته و پراکسید) بررسی و داده‌های آزمون حاصل از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS با سه تکرار تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که افزایش دما و سرعت دورانی خردکن، در مقایسه با زمان هم‌زدن تأثیر بیشتری بر اسیدیته دارد و تنها عامل تأثیرگذار بر پراکسید، دمای واحد هم‌زدن است. در مورد پارامترهای کمی، افزایش دما و زمان هم‌زدن، منجر به کاهش رطوبت تفاله شد (افزایش کمیت) و میزان چربی تفاله نیز با افزایش سرعت دورانی خردکن، افزایش دما، و مدت زمان هم‌زدن کاهش یافت (افزایش کمیت). نتایج نشان می‌دهد که برای به‌دست آوردن روغن با کیفیت بالا بهتر است، روغن در دمای ۳۰ درجه سلسیوس و سرعت دورانی ۷۲۰ دور در دقیقه برای خردکن چکشی و زمان ۲۰ دقیقه برای هم‌زدن استحصال شود.

واژه‌های کلیدی

استحصال روغن، خردکن، زیتون، کمیت، کیفیت

مقدمه

در چند سال اخیر با ورود خردکن‌های مکانیکی به بازار و استفاده از آنها به‌جای آسیاب‌های سنگی سنتی، تغییرات اساسی در صنعت روغن زیتون به‌وجود آمده است. تهیه خمیر زیتون مهم‌ترین مرحله در فرآیند روغن‌کشی است که طی آن روغن با استفاده از عوامل مکانیکی از میوه زیتون استخراج می‌شود (Caponio et al., 2003).

مصرف کنندگان روغن زیتون بکر^۱ به محصولی با کیفیت بسیار بالا نیاز دارند که شامل ویژگی‌های مطلوب تولیدی و نیز دارای سلامتی مورد قبول باشد و خواص ارگانولپتیکی خود را حفظ کند (Caponio et al., 2002).

در چند سال اخیر با ورود خردکن‌های مکانیکی به بازار و استفاده از آنها به‌جای آسیاب‌های سنگی سنتی، تغییرات اساسی در صنعت روغن زیتون به‌وجود آمده است. تهیه خمیر زیتون مهم‌ترین مرحله در فرآیند روغن‌کشی است که طی آن روغن با استفاده از عوامل مکانیکی از میوه زیتون استخراج می‌شود (Caponio et al., 2003).

مصرف کنندگان روغن زیتون بکر^۱ به محصولی با کیفیت بسیار بالا نیاز دارند که شامل ویژگی‌های مطلوب تولیدی و نیز دارای سلامتی مورد قبول باشد و خواص ارگانولپتیکی خود را حفظ کند (Caponio et al., 2002).

سیستم استحصال سانتریفوژ دوفازی با خردکن چکشی دیسکی دنداندار مجهز به تغییر دهنده دور برای تنظیم سرعت چرخش انجام دادند. روغن به دست آمده با استفاده از خردکن چکشی با سرعت ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه، افزایش معنی داری در مقدار فنول کل، زمان القاء و پایداری اکسیداسیون با افزایش دور از خود نشان داد.

بوسلی و همکاران (Boselli et al., 2009) با بررسی تأثیر دمای هم‌زدن خمیر زیتون بر کیفیت روغن، مخلوط زیتون رقم‌های *Frantoio* و *Leccino* و رقم *Coratina* را مقایسه کردند. آزمون با استفاده از خردکن چکشی اجرا شد و خمیر زیتون به مدت ۴۵ دقیقه در سه دمای ۲۵، ۳۵، و ۴۵ درجه سلسیوس مخلوط شد. این محققان با به‌کارگیری سانتریفوژ افقی (دکانتر) روغن را استحصال کردند. نتایج آزمایش‌های کیفی نشان داد که اسیدیته و پراکسید به مقدار کمی از دمای هم‌زدن خمیر تأثیر می‌پذیرد. افزایش دمای هم‌زدن خمیر تا ۴۵ درجه سلسیوس باعث افزایش کمی در اسیدیته در هر دو گروه روغن زیتون شد. پراکسید در همه نمونه‌های روغن در تمامی دماهای هم‌زدن خمیر بسیار پایین بود، میزان پراکسید رقم *Coratina* به مقدار قابل توجهی نسبت به رقم *Frantoio* و *Leccino* کمتر بود.

اکبرنیا و همکاران (Akbarnia et al., 2009 a,b) اثر سرعت دورانی خردکن غلتکی و دمای واحد هم‌زن را بر کیفیت و کمیت روغن زیتون رقم روغنی بررسی و نتیجه گرفتند که بهترین سرعت دورانی غلتک ۳۶۰ دور در دقیقه و بهترین دما ۳۰ درجه سلسیوس است. این محققان اثر حرارت و زمان هم‌زدن خمیر زیتون را بر کمیت و کیفیت روغن زیتون بررسی کردند و دریافتند که به منظور استحصال بهترین کیفیت و کمیت روغن زیتون رقم روغنی با خردکن غلتکی، زمان هم‌زدن ۲۰ دقیقه و دمای ۳۰ درجه سلسیوس است (Akbarnia et al., 2009b).

خردکردن به تولید روغنی با میزان کمتری از مواد فنولیکی کمک می‌کند. زمانی که از خردکن‌های فلزی استفاده می‌شود روغن به دست آمده، به دلیل شدت عمل بیشتر این خردکن‌ها، ترکیبات فنولیکی، بوی تند، و مزه تلخ و تندتری دارد (Di Givacchino et al., 2002).

گیواکچینو و همکاران (Di Givacchino et al., 2002) دریافتند که یکی از مراحل اصلی در فرآیند استحصال روغن زیتون هم‌زدن خمیر آن است. افزایش زمان هم‌زدن خمیر معمولاً مقدار روغن به دست آمده را افزایش اما ترکیبات فنولی روغن را کاهش می‌دهد.

مورالز و اپریکیو (Morales & Aparicio, 1999) کمیت و کیفیت روغن استحصالی با دستگاه آسیاب زیتون را در زمان‌های مختلف هم‌زدن خمیر زیتون در زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، و ۹۰ دقیقه و دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سلسیوس بررسی کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که با افزایش دمای هم‌زدن میزان روغن خارج شده افزایش ولی کیفیت روغن کاهش می‌یابد. با افزایش زمان هم‌زدن نیز نتایج مشابه پیش آمد. در مجموع می‌توان گفت روغن به دست آمده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و زمان هم‌زدن بین ۳۵ تا ۴۵ دقیقه دارای بهترین کیفیت است.

کاپونینو و همکاران (Caponio et al., 1999) با آزمایش روی روغن زیتون رقم‌های *Coratina* و *Ogliarola-salentina*، اثر آسیاب کردن و هم‌زدن را بر کیفیت روغن به دست آمده بررسی کردند. نتایج بررسی این محققان نشان داد که پایداری به اکسیداسیون و کل مقدار فنول‌ها در روغن رقم *Coratina* بیشتر از روغن رقم *Ogliarola* است و با استفاده از خردکن چکشی و هم‌زن، در مقایسه با خردکن آسیابی و هم‌زن، محصولی با فنول بیشتر به دست می‌آید.

کوتسافتاکیس و همکاران (Koutsaftakis et al., 1999) برای ارزیابی اثر روش‌های خردکردن بر ویژگی‌های کیفی روغن زیتون بکر، آزمایش‌هایی را روی روغن به دست آمده از

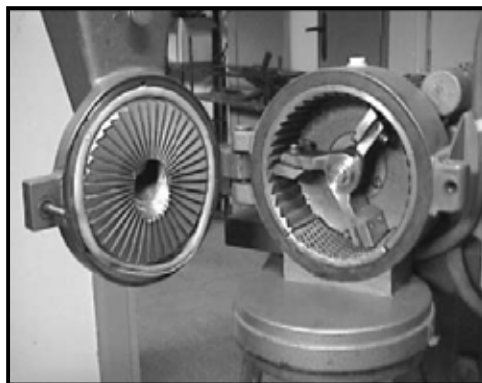
اثرات سرعت دورانی خردکن چکشی، دما و زمان هم‌زدن ...

مواد و روش‌ها

این محور نیروی خود را از موتور دریافت می‌کند. چکش‌ها درون استوانه‌ای مشبک قرار دارند (شکل ۱). در اثر ضربات سریع چکش‌ها و برخورد میوه با استوانه مشبک، میوه‌ها خرد می‌شوند و از سوراخ‌های استوانه مشبک به بیرون می‌ریزند. کارخانه‌های مجهز به خردکن چکشی در ایران عموماً با سرعت دورانی ۱۴۵۰ دور در دقیقه به کار انداخته می‌شوند (Nahan- Gol Oil Extraction Factory & Sabz- Dasht Kesht o Sanst Oil Extraction Factory)

زیتون: زیتون رقم روغنی در آبان ماه سال ۱۳۸۷ از منطقه علی‌آباد رودبار با دست چیده و در بسته‌های ۲۰ کیلوگرمی به آزمایشگاه فرستاده شد. پس از جدا کردن برگ‌ها و شاخه‌های آن، نمونه‌های آزمایشی شسته و برای خوراک‌دهی به خردکن آماده شدند.

خردکن چکشی: خردکن چکشی به کار رفته در این پژوهش سه چکش دارد که با زاویه ۱۲۰ درجه به یک محور مشترک متصل شده‌اند.



شکل ۱- خردکن چکشی

سرعت دورانی حدود ۶۲۰۰ دور در دقیقه می‌چرخید فرستاده شد تا در اثر نیروی گریز از مرکز، فاز مایع از روغن جدا شود. روغن به دست آمده به درون شیشه‌های کدگذاری شده ریخته و جهت تعیین درجه اسیدیته و پراکسید آن (شاخص‌های کیفی روغن) به آزمایشگاه ارسال گردید. تفاله خمیر (فاز جامد) نیز درون کیسه‌های پلاستیکی کدگذاری شده ریخته و جهت تعیین میزان رطوبت و چربی باقیمانده (شاخص‌های تعیین کمیت روغن استحصال شده) به آزمایشگاه ارسال شد.

تیمارها: زیتون‌ها با استفاده از خردکن چکشی در دو سرعت دورانی ۷۲۰ و ۱۴۵۰ دور در دقیقه خرد شدند. خمیر به دست آمده در سه دمای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه سلسیوس در مدت زمان ۱۰، ۲۰، و ۳۰ دقیقه هم‌زده شد. هر آزمایش سه تکرار داشت.

استحصال روغن: خمیر به دست آمده درون پارچه‌های کتان ریخته و بین دو فک پرس جای داده شد و با فشاری حدود پنج تا هشت مگاپاسکال که به آن وارد گردید فاز مایع از جامد جدا شد (Anon, 2007). فاز مایع به دست آمده به دستگاه سانتریفوژ عمودی (سپراتور) که با

اندازه‌گیری پارامترهای کیفی: برای اندازه‌گیری

جرم اولیه و جرم نهایی نمونه (گرم) هستند. چربی تفاله نیز با استفاده از دستگاه سوکسله مدل B811 (Soxhlet-B811) اندازه‌گیری شد.

آنالیز داده‌ها: داده‌های به دست آمده با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شدند و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

اسیدیته و پراکسید روغن به دست آمده به ترتیب از استانداردهای (Anon, 1996) ISO 660 و ISO 3960 (Anon, 1977) استفاده شد.

اندازه‌گیری پارامترهای کمی: برای اندازه‌گیری رطوبت تفاله، ۲۰ گرم از آن درون آون با دمای 103 ± 2 درجه سلسیوس خشک شد و مقدار رطوبت از رابطه (۱) به دست آمد (Servili et al., 2007):

$$M_c = \frac{m_o - m_d}{m_o} \times 100 \quad (1)$$

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های اسیدیته روغن در جدول ۱ آورده شده است.

که در آن M_c مقدار رطوبت بر پایه تر (درصد) و m_o و m_d به ترتیب

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری اسیدیته روغن

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۲/۱ ns	۰/۱۰	۰/۲۰	۲	تکرار
۷۵/۲۷**	۳/۶۷	۷/۳۴	۲	دما
۶/۵۱**	۰/۳۲	۰/۶۳	۲	زمان هم‌زدن
۱۴۴/۵۹**	۷/۰۵	۷/۰۵	۱	سرعت دورانی خردکن
۰/۵۶ns	۰/۰۲۸	۰/۱۱	۴	دما و زمان هم‌زدن
۲۶/۷۴**	۱/۳	۲/۶۱	۲	دما و سرعت دورانی خردکن
۴/۱۸*	۰/۲۰	۰/۴۰	۲	زمان هم‌زدن و سرعت دورانی خردکن
۱/۱۴ns	۰/۰۷	۰/۲۸	۴	دما، زمان هم‌زدن و سرعت دورانی خردکن
	۰/۰۵	۱/۶۵	۳۴	خطا
		۱۵۹/۷۷	۵۴	کل

** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ns معنی‌دار نیست.

دورانی خردکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. بررسی اثر متقابل سرعت دورانی خردکن و دمای هم‌زدن نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که با افزایش دما میزان اسیدیته نیز افزایش می‌یابد و در دماهای پایین سرعت دورانی خردکن تأثیر چندانی بر اسیدیته

جدول تجزیه واریانس مقدار اسیدیته روغن نشان داد که تأثیر دما، زمان هم‌زدن، و سرعت دورانی خردکن در سطح احتمال یک درصد بر مقدار اسیدیته معنی‌دار است. همچنین، اثر متقابل دما و سرعت دورانی خردکن در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل زمان هم‌زدن و سرعت

اثرات سرعت دورانی خردکن چکشی، دما و زمان هم‌زدن ...

بیشتری بر مقدار اسیددیده دارد. مورالز و آپاریکو (Morales & Aparicio, 1999)، بوسلی و همکاران (Boselli *et al.*, 2008) و سرویلی و همکاران (Servili *et al.*, 2003)، نیز افزایش دما را عامل اساسی در افزایش مقدار اسیددیده روغن زیتون گزارش کرده‌اند.

نمی‌گذارد. در دمای ۶۰ درجه سلسیوس، با افزایش سرعت دورانی خردکن اسیددیده نیز به میزان چشمگیری افزایش می‌یابد (جدول ۲)، زیرا که افزایش سرعت دورانی خردکن باعث بالا رفتن دمای خمیر خروجی می‌شود (Koutsaftakis *et al.*, 1999) هم‌زدن خمیر با دمای بالا نیز تأثیر

جدول ۲- میانگین مقادیر اثرات متقابل دمای هم‌زدن و دور خردکن بر اسیددیده روغن (درصد اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک)

میانگین	تکرار	تیمار	
		سرعت خردکن (دور بر دقیقه)	دمای هم‌زدن (درجه سلسیوس)
۱/۰۶a	۹	۷۲۰	۳۰
۱/۱۹ab	۹	۱۴۵۰	۳۰
۱/۲۴ab	۹	۷۲۰	۴۵
۱/۴۳b	۹	۱۴۵۰	۴۵
۲/۰۸c	۹	۷۲۰	۶۰
۲/۶۲d	۹	۱۴۵۰	۶۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

افزایش معنی‌دار اسیددیده می‌شود و کوتسافتاکیس و همکاران (Koutsaftakis *et al.*, 1999) برای خردکن چکشی نتایج مشابهی به دست آوردند و نشان دادند که با افزایش سرعت خردکن از ۲۵۰۰ به ۳۰۰۰ دور بر دقیقه مقدار فنول کل، زمان القاء و پایداری نسبت به اکسیداسیون افزایش می‌یابد. با ثابت دیدن یک عامل و متغیر بودن عامل دیگر، از داده‌های ذکر شده در جدول‌های ۲ و ۳ می‌توان نتیجه گرفت که افزایش دما و سرعت دورانی خردکن نسبت به زمان هم‌زدن، تأثیر بیشتری بر اسیددیده دارد.

نتایج بررسی اثر متقابل سرعت دورانی و زمان هم‌زدن نشان داد که سرعت دورانی عامل اساسی در افزایش مقدار اسیددیده است و اثر زمان هم‌زدن کم رنگ‌تر است زیرا در سرعت دورانی پایین، تغییرات زمان تأثیر معنی‌داری بر مقدار اسیددیده ندارد و در سرعت بالاتر، تنها در زمان ۳۰ دقیقه اثر تیمار در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). لذا می‌توان گفت که افزایش سرعت دورانی خردکن سبب بالا رفتن دمای خمیر خروجی از خردکن می‌شود، به واکنش‌های شیمیایی خمیر کمک می‌کند و باعث

جدول ۳- میانگین مقادیر تأثیرات متقابل زمان هم‌زدن و سرعت دورانی خردکن بر اسیدیتة روغن (درصد اسیدهای چرب آزاد بر حسب اسید اولئیک)

میانگین	تکرار	تیمار	
		دور در دقیقه	دقیقه
۱/۲۲a	۹	۷۲۰	۱۰
۱/۲۴a	۹	۷۲۰	۲۰
۱/۲۷a	۹	۷۲۰	۳۰
۱/۷۰ab	۹	۱۴۵۰	۱۰
۲/۰۳b	۹	۱۴۵۰	۲۰
۲/۱۶b	۹	۱۴۵۰	۳۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های پراکسید نیز در جدول ۴ نشان داده شده است. طبق نتایج این جدول، دمای واحد همزن تنها عامل تأثیرگذار بر پراکسید است. نتایج تجزیه واریانس مقدار پراکسید روغن نشان داد که تنها دما در سطح احتمال یک درصد بر مقدار پراکسید روغن اثر معنی‌دار دارد (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری مقدار پراکسید روغن (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم)

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۱/۵۷ns	۰/۳۹	۰/۷۳	۲	تکرار
۲۱/۱۷**	۴/۹۷	۹/۹۵	۲	دما
۲/۹۴ns	۰/۶۹	۱/۳۸	۲	زمان هم‌زدن
۰/۹۸ns	۰/۲۳	۰/۲۳	۱	سرعت دورانی خردکن
۰/۷۵ns	۰/۱۷	۰/۷۱	۴	دما و زمان هم‌زدن
۰/۶۱ns	۰/۱۴	۰/۲۸	۲	دما و سرعت دورانی خردکن
۰/۳۸ns	۰/۰۹	۰/۱۷	۲	زمان هم‌زدن و سرعت دورانی خردکن
۰/۸۴ns	۰/۱۹	۰/۷۹	۴	دما و زمان هم‌زدن و سرعت دورانی خردکن
	۰/۲۳	۷/۹۹	۳۴	خطا
		۵۶۳۸/۶	۵۴	کل

**در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. ns معنی‌دار نیست.

خمیر به اکسیداسیون خمیر کمک می‌کند و باعث افزایش عدد پراکسید می‌شود. این نتایج با یافته‌های مورالز و آپاریکو و اکبرنیا و همکاران مشابهت دارد (Morales & Aparicio, 1999; Akbarnia et al., 2009a,b)

مقایسه میانگین پراکسید روغن بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش دمای واحد همزن میزان پراکسید نیز افزایش می‌یابد (کاهش کیفیت)، افزایش دمای

اثرات سرعت دورانی خردکن چکشی، دما و زمان هم‌زدن ...

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی دمای واحد هم‌زن بر پراکسید روغن (میلی اکی والان در کیلوگرم)

میانگین	تکرار	دمای هم‌زدن (درجه سلسیوس)
۹/۶۲a	۱۸	۳۰
۱۰/۳۱b	۱۸	۴۵
۱۰/۶۵c	۱۸	۶۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتایج تجزیه واریانس رطوبت تفاله نشان داد که دما و زمان هم‌زدن عوامل تأثیر گذار بر رطوبت تفاله هستند. در این راستا داده‌های حاصل از اندازه‌گیری رطوبت نشان می‌دهد که دما در سطح احتمال یک درصد بر میزان رطوبت تفاله اثر معنی‌دار دارد ولی تکرار و زمان هم‌زدن در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌دار نشان می‌دهد (جدول ۶).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری رطوبت تفاله

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تکرار	۲	۴۱/۱۸	۲۰/۵۹	۴/۷۴*
دما	۲	۹۳/۴۳	۴۶/۷۱	۱۰/۷۶**
زمان هم‌زدن	۲	۳۹/۵۶	۱۹/۷۸	۴/۵۵*
سرعت دورانی خردکن	۱	۲/۷۲	۲/۷۲	۰/۶۲ns
دما و زمان هم‌زدن	۴	۵/۶۶	۱/۴۱	۰/۳۲ns
دما و سرعت دورانی خردکن	۲	۰/۸۵	۰/۴۲	۰/۰۹ns
زمان هم‌زدن و سرعت دورانی خردکن	۲	۱۸۴ ۱۴	۷/۰۹	۱/۶۳ns
دما و زمان هم‌زدن و سرعت دورانی خردکن	۴	۳/۶۸	۰/۹۲	۰/۲۱ns
خطا	۳۴	۱۴۷/۵۵	۴/۳۴	
کل	۵۴	۷۴۱۳۲/۸۴		

** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ns معنی‌دار نیست.

نتایج اثر اصلی دما بر رطوبت تفاله در جدول ۷ نشان می‌دهد که با کاهش دمای هم‌زدن رطوبت تفاله افزایش پیدا می‌کند؛ هم‌زمان با جدا شدن آب از تفاله، ذرات روغن نیز همراه با آب از تفاله جدا می‌شوند یعنی هر قدر رطوبت تفاله کمتر باشد میزان روغن استحصال شده بیشتر است. مورالز و اپریکو (Morales & Aparicio, 1999) نشان دادند که با افزایش دمای هم‌زدن میزان روغن خارج شده افزایش می‌یابد.

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی دمای واحد همزن بر رطوبت تفاله (درصد)

میانگین	تکرار	دمای همزدن (درجه سلسیوس)
۳۵/۲۱a	۱۸	۶۰
۳۷/۳۰b	۱۸	۴۵
۳۸/۳۷b	۱۸	۳۰

همزدن، کمیت روغن افزایش می‌یابد که این موضوع با تحقیقات اکبرنیا و همکاران همخوانی دارد (Akbarnia et al., 2009b).

نتایج تجزیه واریانس چربی تفاله نشان می‌دهد که اثر هر سه فاکتور دما، زمان همزدن، و سرعت دورانی خردکن بر چربی تفاله معنی‌دار است ولی اثر متقابل آنها معنی‌دار نیست (جدول ۹).

مقایسه میانگین رطوبت تفاله در زمان‌های مختلف همزدن نیز در جدول ۸ آمده است. در این‌جا نیز زمان همزدن با رطوبت تفاله نسبت عکس دارد. بالا بردن دمای خمیر و افزایش زمان همزدن باعث جدا شدن بهتر آب و روغن از تفاله می‌شود و روغن نیز بهتر جدا خواهد شد. مورالز و اپریکو (Morales & Aparicio, 1999). نتایجی مشابه گزارش کرده است لذا با افزایش دما و مدت زمان

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی زمان همزدن بر رطوبت تفاله (درصد)

میانگین	تکرار	زمان همزدن (دقیقه)
۳۵/۹۶a	۱۸	۳۰
۳۶/۸۷ ab	۱۸	۲۰
۳۸/۰۵c	۱۸	۱۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری چربی تفاله (درصد)

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۲/۰۲ns	۰/۴۴	۰/۸۹	۲	تکرار
۷۲/۶۴**	۱۶/۰۶	۳۲/۱۲	۲	دما
۲۰/۴۹**	۴/۴۳	۹/۰۶	۲	زمان هم زدن
۹۱/۹۹**	۲۰/۳۳	۲۰/۳۳	۱	سرعت دورانی خردکن
۱/۲۱ns	۰/۲۶	۱/۰۷	۴	دما و زمان هم زدن
۱/۵۶ns	۰/۳۵	۰/۷۰	۲	دما و سرعت دورانی خردکن
۲/۹۰ns	۰/۶۴	۱/۲۸	۲	زمان هم زدن و سرعت دورانی خردکن
۱/۴۳ns	۰/۳۱	۱/۲۶	۴	دما، زمان هم زدن و سرعت دورانی خردکن
	۰/۲۲	۷/۵۱	۳۴	خطا
		۸۵۳۵/۷۸	۵۴	کل

**در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. ns معنی‌دار نیست.

اثرات سرعت دورانی خردکن چکشی، دما و زمان هم‌زدن ...

نتایج مقایسه میانگین چربی تفاله در دماهای مختلف هم‌زدن در جدول ۱۰ نشان می‌دهد که افزایش دمای هم‌زدن، میزان چربی تفاله را کاهش می‌دهد (افزایش کمیت). هر قدر دمای خمیر بالاتر باشد گرانیروی روغن بیشتر و جدا شدن روغن از تفاله آسان‌تر می‌شود (Vossen, 1995).

جدول ۱۰- نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی دمای هم‌زدن بر چربی تفاله (درصد)

میانگین	تکرار	دمای هم‌زدن (درجه سلسیوس)
۱۱/۴۴a	۱۸	۶۰
۱۲/۸۶b	۱۸	۴۵
۱۳/۲۳c	۱۸	۳۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

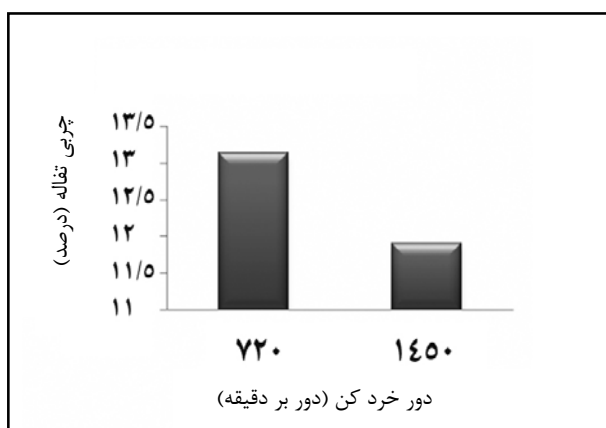
نتایج مقایسه میانگین چربی تفاله در زمان‌های مختلف هم‌زدن در جدول ۱۱ نشان می‌دهد که با افزایش زمان هم‌زدن مقدار چربی تفاله کاهش می‌یابد (افزایش کمیت). هم‌زدن، به شکسته شدن قطره‌های کوچک روغن، آزاد شدن آنها، و سرانجام به هم‌پیوستن آنها و تشکیل قطره‌های بزرگ روغن کمک می‌کند و امولسیون آب-روغن نیز با هم‌زدن کاهش می‌یابد (Vossen, 1995).

جدول ۱۱- نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی زمان هم‌زدن بر چربی تفاله (درصد)

میانگین	تکرار	زمان هم‌زدن (دقیقه)
۱۲/۰۶a	۱۸	۳۰
۱۲/۴۳b	۱۸	۲۰
۱۳/۰۵c	۱۸	۱۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتایج مقایسه میانگین چربی تفاله در سرعت‌های خرد کردن ۷۲۰ و ۱۴۵۰ دور در دقیقه، (شکل ۲)، نشان می‌دهد که با افزایش سرعت خردکن، میزان چربی تفاله کاهش می‌یابد (افزایش کمیت). هرچه سرعت خردکن بیشتر باشد خرد شدن شدیدتر است و روغن بیشتری از سلول‌های زیتون آزاد می‌شود. افزایش سرعت خرد شدن باعث بالا رفتن دمای خمیر زیتون و در نتیجه موجب بهتر جدا شدن ذرات روغن از تفاله می‌شود (Vossen, 1995).



شکل ۲- مقایسه میانگین چربی تفاله در سرعت‌های مختلف خردکن

در مورد کمیت روغن استحصال شده از خردکن چکشی، جدول‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهند که افزایش دما و زمان هم‌زدن منجر به کاهش رطوبت تفاله می‌شود (افزایش کمیت). ولی اثر سرعت خردکن بر رطوبت تفاله معنی‌دار نیست. با افزایش سرعت خردکن، افزایش دما، و مدت زمان هم‌زدن (جدول‌های ۱۰، ۱۱، و شکل ۲) میزان چربی تفاله کاهش می‌یابد (افزایش کمیت).

با توجه به اهمیت کیفیت روغن زیتون در سلامت و بهداشت اجتماعی، ضروری است کیفیت بیشتر از کمیت مد نظر قرار گیرد. جهت مصالحه برای به‌دست آوردن کیفیت بهتر و کمیت بالاتر، زمان ۲۰ دقیقه به جای ۱۰ دقیقه پیشنهاد می‌شود.

بنابراین، بهترین شرایط برای استحصال روغن از رقم روغنی با خردکن چکشی، سرعت ۷۲۰ دور در دقیقه، دمای ۳۰ درجه سلسیوس، و زمان ۲۰ دقیقه جهت هم‌زدن خمیر زیتون پیشنهاد می‌شود. این نتیجه‌گیری با نتایج اکبرنیا و همکاران مطابقت دارد (Akbarnia *et al.*, 2009a,b).

نتیجه گیری

در خردکن چکشی، با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سرعت دورانی خردکن و زمان هم‌زدن خمیر در افزایش یا کاهش مقدار اسیدیته روغن (جدول ۲)، می‌توان تیمارهای دمای ۳۰ درجه سلسیوس و سرعت ۷۲۰ دور در دقیقه و ۳۰ درجه سلسیوس و ۱۴۵۰ دور را برای به‌دست آوردن روغن با کیفیت، انتخاب کرد. همچنین، تیمارهای زمان ۱۰ دقیقه و ۷۲۰ دور در دقیقه، ۲۰ دقیقه و ۷۲۰ دور در دقیقه، و ۳۰ دقیقه و ۷۲۰ دور در دقیقه کمترین مقدار اسیدیته را ایجاد می‌کنند و از نظر آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند ولی با افزایش سرعت خردکن مقدار اسیدیته به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (جدول ۳). با افزایش دمای واحد همزن، پراکسید نیز افزایش می‌یابد (کاهش کیفیت)، ولی اثر زمان هم‌زدن و سرعت خردکن بر پراکسید معنی‌دار نیست (جدول ۵). با توجه به آنچه گفته شد، بهتر است برای تولید روغن با کیفیت از سرعت دورانی ۷۲۰ و دمای ۳۰ درجه سلسیوس استفاده شود.

مراجع

Akbarnia, A., Mobli, H., Akram, A., Hamed, M. and Rafiee, Sh. 2009a. The effects of roller crusher speed and mixing temperatures on quality and quantity of extracted olive oil, roghany variety. Iranian J. of Biosyst. Eng. 39(1):75-83. (in Farsi)

اثرات سرعت دورانی خردکن چکشی، دما و زمان هم‌زدن ...

- Akbarnia, A., Mobli, H., Akram, A., Hamed, M. and Rafiee, Sh. 2009b. The effects of different mixing times and different temperatures of the mixing unit on some quality and quantity features of extracted olive oil, roghany variety. *Iranian J. of Biosyst. Eng.* 40(1): 9-14. (in Farsi)
- Anon. 1977. Animal and vegetable fats and oils- Determination of peroxide value. ISO3960. First Edition.
- Anon. 1996. Animal and vegetable fats and oils- Determination of acid value and acidity. ISO660. Second Edition.
- Anon. 2007. First pressed. About olive oil. <http://www.oliveoil source .com>
- Boselli, E., Di Lecce, G., Strabbioli, R., Pieralisi, G. and Frega, N. 2009. Are virgin olive oils obtained below 27°C better than those product at higher temperatures?. *LWT- Food Science and Technology.* 49(3): 748-757.
- Caponio, F., Alloggio, V. and Gomes, T. 1999. Phenolic compounds of virgin olive oil: Influence of paste preparation techniques. *Food Chem.* 64, 2003-2009.
- Caponio, F., Gomes, T., Summo, C. and Pasqualone, A. 2003. Influence of type of olive-crusher used on the quality of extra virgin olive oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 105, 201-206.
- Caponio, F., Pasqualone, A., Gomes, T. and Catalano, P. 2002. Use of HPSEC analysis of polar compound to assess the influence of crushing temperature on virgin olive oil's quality. *Eur. Food Res. Technol.* 215, 534-537.
- Di Givacchino, L., Sestili, S. and Di Vincenzo, D. 2002. Influence of olive oil processing on virgin olive oil quality. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 104, 587-601.
- Koutsafakis, A., Kotsifaki, F., Papamanolioudaki, E. and Stefanoudaki, E. 1999. Effect of olive crushing parameters on the qualitative characteristics of virgin olive oil. *Int. Soc. Hort. Sci.* 80, 178-184.
- Morales, M. T. and Aparicio, R. 1999. Effect of extraction conditions on sensory quality of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76(3): 295-300.
- Nahan-Gol Oil Extraction Factory. Ghazvin-Rasht Road. 75th Kilometer. (in Farsi)
- Sabz-Dasht Kesht o Sanat Oil Extraction Factory, Tarom. 4th kilometer Ab-bar Road, Tarom. (in Farsi)
- Servili, M., Esposito, S., Lodolini, E., Selvaggini, R., Taticchi, A. and Urbani, S. 2007. Irrigation effects on quality, phenolic composition, and selected volatiles of virgin olive oils cv. Leccino. *J. Agric. Food Chem.* 55, 6609-6618.
- Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposito, S. and Montedoro, G. F. 2003. Volatile compounds and phenolic composition of virgin olive oil: Optimization of temperature and time of exposure of olive paste to air contact during the mechanical extraction process. *J. Agric. Food Chem.* 51, 7980-7988.
- Vossen, P. M. 1995. Olive oil production. University of California Cooperative Extension.

Effects of Rotary Speed, Mixing Temperature and Time on Quality and Quantity of Oil Extracted from Olives (Roughany) Using a Hammer Crusher

N. Izadikhah, H. Mobli^{*}, A. Akbarnia, H. Ahmadi and Sh. Rafiee

^{*} Corresponding Author: Professor, Faculty of Agricultural engineering and technology, University of Tehran. Department of Agricultural Machinery Engineering. Telfax (0261) 2808138. E-mail: Hmobli@ut.ac.ir

Received: 14 September 2009, Accepted: 2 October 2010

Olive oil extraction methods and technology can affect the quality and quantity of the extracted oil. In this study, qualitative and quantitative parameters were investigated for oil extracted using a hammer crusher at 720 and 1450 rpm at 30°, 40°, 60° C mixing temperatures. The data were analyzed using a complete randomized block factorial design using SPSS software with three replications. The results showed that increasing the temperature and rotary speed had more effect on acidity than did time. The only factor affecting peroxide content was mixing unit temperature. For quantitative parameters, increasing time and mixing temperature resulted in a reduction of the pomace moisture content (increasing quantity). Also, increasing time, mixing temperature and rotational velocity of the crusher resulted in decreased fat content (increased quantity). Hence, to obtain high quality oil, it is recommended that oil extraction be carried out at 30°C mixing temperature and 720 rpm crusher rotary speed for 20 min mixing time.

Keywords: Crusher, Oil extraction, Olive, Qualitativ, Quantitative