

## بهینه‌سازی فرایند استخراج روغن زیتون به منظور افزایش راندمان

### و بهبود خصوصیات کیفی (روغن)

جلال محمدزاده و محمدرضا احمدی\*

\* به ترتیب عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان؛ و کارشناس ارشد بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، نشانی: گرگان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، ص. پ. ۳۶۳-۴۹۱۶۵، تلفن: ۵-۳۳۵۰۰۶۳ (۰۱۷۱)، پیام‌نگار: jmohamadzadeh@yahoo.com  
تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۶/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۲۸

#### چکیده

روغن زیتون یکی از قدیمی‌ترین روغن‌های گیاهی است و ششمین منبع تأمین روغن جهان است. فرایند استخراج روغن زیتون نسبت به سایر منابع روغنی متفاوت است و روغن آن (روغن بکر) به صورت مستقیم مصرف می‌شود، بنابراین تولید روغنی با حداکثر راندمان استخراج و کیفیت، با اهمیت است. بدین منظور در این تحقیق به بررسی اساسی‌ترین مراحل فرایند روغن‌کشی، (خردکردن میوه و مالاکسیون یا ورزدادن خمیر زیتون) که در راندمان استخراج و کیفیت روغن بسیار تأثیرگذارند پرداخته شده است تا شرایط بهینه استخراج به دست آید. لذا تیمارهای خردکردن (یک‌بار خردکردن و دوبار خردکردن) و شرایط ورزدادن از نظر دما (۲۵، ۳۵، ۴۵، و ۶۰ درجه سانتی‌گراد)، و مدت زمان ورزدادن (۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه) آزمایش شد و ضمن اندازه‌گیری راندمان استحصال روغن، خصوصیات کیفی روغن مانند اسیدیته، پراکسید، رنگ، و کربونیل آن نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که دفعات خردکردن تنها بر راندمان استخراج تأثیر دارد و بر خصوصیات کیفی روغن اثر این عامل معنی‌دار نیست. افزایش دما و مدت زمان ورزدادن راندمان را افزایش می‌دهد اما این افزایش تا دقیقه ۴۵ و دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد ادامه دارد و از آن به بعد افزایشی مشاهده نمی‌شود. خصوصیات کیفی روغن نیز در این شرایط دارای کمترین تغییرات است و به عبارت دیگر کاهش کیفی روغن معنی‌دار نیست. بنابراین می‌توان گفت استخراج روغن در شرایط دو بار خردکردن و ورزدادن در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد طی ۴۵ دقیقه، مناسبترین راندمان استخراج با بهترین کیفیت را به دنبال دارد.

#### واژه‌های کلیدی

زیتون، خردکردن، کیفیت روغن، مالاکسیون

#### مقدمه

خمیر زیتون) در راندمان استخراج روغن و کیفیت روغن اهمیت ویژه‌ای دارند خردکردن باعث می‌شود بافت میوه پاره و قطره‌های روغن موجود در سلول به طور کامل آزاد شود؛ هر چه خردکردن کامل‌تر باشد بافت خمیر حاصل یکنواخت‌تر و نرم‌تر خواهد بود. در خلال خردکردن، قطره‌های روغن بین بخش‌های جامد و مایع به صورت توده

فرایند استخراج روغن زیتون نسبت به سایر منابع روغنی متفاوت است و روغن آن (روغن بکر) به صورت مستقیم مصرف می‌شود لذا تولید روغنی با حداکثر راندمان استخراج و کیفیت بالا اهمیت بسزایی دارد. مراحل خردکردن و مالاکسیون (مالش‌دادن و یا ورزدادن



در آب خروجی و تفاله خواهد شد (Ranalli & Angrosa, 2000; Darvish, 1997) پارتی و اسپاگنولی (Parenti & Spugnoli, 2000) اثر مدت زمان و دمای ورز دادن را بر ترکیبات فنلی روغن زیتون در ارقام مختلف بررسی کردند. این محققان، دمای ۱۸ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد را در سه رقم کولینا، اوگلاروآ، وکراتین (واریت‌های غالب کشور ایتالیا) ارزیابی و مشاهده کردند که در رقم‌های کراتین و اوگلاروآ دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ترکیبات فنلی را بیشتر کاهش می‌دهد و در رقم کولینا تاثیر معنی‌داری ندارد. این کاهش تا دقیقه ۶۰ ادامه دارد و سپس ثابت می‌ماند. آنها نتیجه گرفتند که راندمان استحصال روغن در ۳۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر است.

مورالس و اپاریسیو (Morales & Aparicio, 1999) سه واریته غالب زیتون اسپانیا (رقم‌های پیکوآل، ویلالوگنا، و فرانتوتی) را جهت ارزیابی شرایط بهینه استخراج، فعالیت آنزیم لیپوکسی ژناز، مقدار ترکیبات فرار، و راندمان استخراج روغن بررسی کردند. آنان دمای ۴۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد را به مدت ۷۵-۳۵ دقیقه به کار بردند. نتایج نشان داد که دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ورز دادن ۴۵-۳۵ دقیقه بهترین خواص کمی و حسی را به دست می‌دهد. در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با مدت زمان ورز دادن کمتر از ۴۵ دقیقه، راندمان استحصال بالاتری در رقم پیکوآل و کوراتینا حاصل می‌شود در حالی که در رقم فرانتوتی، دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با مدت زمان ۶۰ دقیقه راندمان بالاتری دارد.

گیوواکچینو و کنستانینی (Giovacchino & Constantini, 2002) نشان دادند که مدت زمان ورز دادن خمیر در ارقام مختلف زیتون از ۱۵ دقیقه تا ۹۰ دقیقه

متراکم می‌شوند لذا در مرحله بعد با ورز دادن خمیر که عملی آرام و نسبتاً کند است، قطره‌های ریز روغن تبدیل به قطره‌های درشت‌تر می‌شوند و حفره‌های روغنی به هم متصل می‌شوند و زنجیره‌ای تشکیل می‌دهند. شرایط عمل در این مرحله از نظر دما و مدت زمان ورز دادن تأثیر بسزایی در راندمان استخراج و کیفیت روغن استحصالی دارد به طوری که کوتاه بودن زمان ورز دادن سبب کاهش راندمان استخراج و طولانی بودن آن سبب اکسیداسیون بیشتر و بالطبع افزایش اسیدیته و پراکسید روغن و نهایتاً کاهش ماندگاری روغن می‌شود. از طرف دیگر، دمای بالا سبب تغییر رنگ، افزایش اسیدیته، و اتلاف انرژی می‌شود (Angrosa et al., 2001; Mirmezami, 2002). در حقیقت، این عملیات تکنولوژیکی ضروری کمک می‌کند قطره‌های کوچک روغن تشکیل شده در خلال آسیاب کردن، به قطره‌های بزرگ تبدیل و به راحتی در سیستم‌های مکانیکی استخراج شوند و به عبارت دیگر راحت‌تر امولسیون آب شکسته شود. در ورز دادن، واکنش‌های آنزیماتیک شیمیایی و راه‌های بیوسنتتیک انجام می‌گیرد که خصوصیات روغن حاصل را به‌طور معنی‌دار تغییر می‌دهد. به علاوه، غشاهای لیپوپروتئینی که قطره‌های روغن را احاطه کرده‌اند جدا می‌شوند و دوباره شکل می‌گیرند بدین ترتیب در یک تغییر دو طرفه اتصال بین فاز آب و روغن حاصل می‌شود. این غشاهای سبب تشکیل پیوند بین قطره‌های ریز روغن و آب می‌شوند و کلوئیدهای گیاهی (ساخته شده از همی سلولزها، پروتئین، پکتین، و...) امولسیون مستحکم تشکیل می‌دهند. مناسب نبودن دما و مدت زمان ورز دادن خمیر سبب خروج روغن و کاهش راندمان بر اثر تشکیل امولسیون آب-روغن و افزایش روغن

بهینه‌سازی فرایند استخراج روغن زیتون به منظور افزایش ...

مقدار فنل‌های ساده و قابل هیدرولیز، 0-دی فنل‌ها، و مقدار کل فنل‌ها کاهش می‌یابد. به علاوه، تغییرات پراکسید اساسی نیست و با افزایش مدت زمان ورز دادن، ترکیبات C5 و C6 نیز افزایش می‌یابند.

در این تحقیق سعی شده است به بهینه‌سازی شرایط استخراج روغن از نظر خرد کردن و شرایط ورز دادن خمیر در ارقام برتر منطقه گلستان با هدف افزایش راندمان استخراج در جهت بهبود خصوصیات کیفی پرداخته شود.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق، رقم روغنی (با وزن تقریبی ۵ گرم به ازای هر دانه و وزن هسته در حدود ۰/۹۱ گرم، با روغن بالا، بیضی‌شکل با نوک برجسته) مورد بررسی قرار گرفت. از رقم مذکور بیست و چهار درخت با شرایط یکسان منطقه‌ای انتخاب شد؛ در نیمه دوم آبان ماه سال ۱۳۸۵، نمونه‌ها برداشت و جهت استخراج به سه قسمت مساوی (به‌عنوان تکرار) تقسیم شدند. نمونه‌ها پس از جداسازی برگ‌ها و شستشو، با آسیاب خرد شدند که این عمل به دو شکل خرد کردن یک‌مرحله‌ای (یک‌بار خرد کردن) و خرد کردن دو مرحله‌ای یا ترکیبی با دو آسیاب (دوبار خرد کردن) اجرا شد. سپس خمیر حاصل به تانک ورز دادن ریخته شد و شرایط مختلف از نظر دما: ۶۰، ۴۵، ۳۵، ۲۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ورز دادن ۶۰، ۴۵، ۳۰ و ۱۵ دقیقه اعمال گردید. روغن حاصل از هر یک از تیمارهای بالا پس از تعیین راندمان استخراج جهت آزمایش‌های کیفی به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفت.

### اندازه‌گیری فاکتورهای کمی و کیفی روغن

- اندازه‌گیری راندمان استحصال در هر تیمار بر اساس درصد روغن حاصل نسبت به مقدار کل روغن در ماده‌تر

متغیر است و ورز دادن بیش از ۹۰ دقیقه، بر خصوصیات شیمیایی (اسیدیته، پراکسید، رنگ) و خصوصیات حسی روغن تاثیر منفی می‌گذارد.

رانالی و کنستانتینی (Ranalli & Constantini, 1993) با بررسی نحوه خرد کردن زیتون در ارقام ایتالیایی نتیجه گرفتند که غلظت پلی‌فنل‌های روغن زیتون بکر استخراج شده از آسیاب‌های چکشی نسبت به آسیاب‌های سنگی کمتر است، در آسیاب چکشی راندمان استخراج افزایش و مقدار روغن باقیمانده در تفاله کاهش می‌یابد و مقدار بیشتری از ترکیبات معطر نیز از دست می‌رود. این محققان دفعات آسیاب کردن را به عنوان یک متغیر در راندمان استخراج و خصوصیات کیفی روغن معرفی کردند.

آنگروسا و باستیک (Angrosa & Bastic, 2001) ترکیبات فرار و میزان روغن به دست آمده از دو وارینه ایتالیایی به نام‌های آریکوئینا و بلانکوئینا را با به‌کار بردن مدت زمان‌های مختلف ورز دادن خمیر بررسی کردند. نتایج نشان داد با طولانی شدن زمان ورز دادن خمیر مقدار آلدئیدها و الکل‌ها افزایش می‌یابد، اما مقدار استر پس از ۳۰ دقیقه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. علاوه بر آن، اسیدیته و راندمان استخراج پس از گذشت ۳۰ دقیقه ابتدا به تدریج و سپس به طور معنی‌دار تا دقیقه ۸۰ افزایش می‌یابد و سپس به حد ثابتی می‌رسد و از آن پس تغییری نمی‌کند.

رانالی و همکاران (Ranalli *et al.*, 2003) اثر زمان‌های مختلف ورز دادن خمیر زیتون را بر کمیت و کیفیت روغن استحصالی در رقم‌های اصلی زیتون کشور ایتالیا بررسی کردند. نتایج بررسی‌های آنان نشان داد با افزایش مدت زمان ورز دادن، غلظت بتاکاروتن، گزانتوفیل‌های اصلی، کلروفیل‌های a و b، و فنوفتین‌ها به‌طور تدریجی در روغن افزایش خواهد یافت در حالی که

### نتایج و بحث

بررسی شرایط خردکردن، دما، و مدت زمان ورزدادن بر راندمان استخراج روغن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که هر سه عامل خردکردن، دما، و زمان ورزدادن خمیر زیتون بر راندمان استخراج روغن (درصد روغن حاصل از فرایند نسبت به میانگین روغن در ماده‌تر) اثر معنی‌دار دارند و به همین منظور اثر هر عامل به تنهایی و اثر متقابل دو طرفه و سه طرفه عوامل موردنظر به شرح زیر بحث شده است.

اثر خردکردن بر راندمان استخراج: میانگین راندمان استخراج روغن در خردکردن دو مرحله‌ای نسبت به خردکردن یک مرحله‌ای بالاتر است. در خردکردن دو مرحله‌ای میوه زیتون تحت تأثیر دو بار آسیاب کردن قرار می‌گیرد و از این رو سلول‌ها بهتر شکسته می‌شوند و قطره‌های روغن بیشتری خارج می‌شود. نتایج حاصل از این بخش با نتایج رانالی و کنستانتینی (Ranalli & Constantini, 1993) همسوست.

اثر دمای ورزدادن بر راندمان استخراج روغن: با افزایش دما، میانگین راندمان استخراج روغن نیز افزایش می‌یابد، به طوری که با افزایش دما از ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ۶۰ درجه سانتی‌گراد میانگین راندمان استخراج نیز افزایش می‌یابد. وقتی دما بالا می‌رود ویسکوزیته فاز روغنی کاهش می‌یابد و استخراج روغن از خمیر آسان‌تر می‌شود.

اثر مدت زمان ورزدادن بر راندمان استخراج روغن: افزایش مدت زمان ورزدادن تا ۴۵ دقیقه، تأثیر معنی‌دار بر راندمان استخراج روغن دارد.

اما به نظر می‌رسد در مدت زمان‌های بالاتر، به دلیل تشکیل مجدد امولسیون‌های روغن-آب، راندمان

محاسبه شد (میانگین درصد روغن با رطوبت ۵۲/۶ درصد در رقم مورد آزمایش ۲۳/۲ درصد بود).

- اندازه‌گیری اسیدیته روغن: نمونه روغن در مقابل فنل‌تالین با محلول سود ۰/۱ نرمال تیترا شد (Anon, 1990).

- اندازه‌گیری پراکسید: حدود ۵ گرم نمونه در یک فلاسک ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد. پس از آن ۳۰ میلی‌لیتر محلول اسیداستیک-کلروفرم افزوده و به این محلول ۱/۵ میلی‌لیتر یدید پتاسیم اشباع اضافه شد. سپس محلول به آرامی با تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تیترا شد (Anon, 1990).

- اندازه‌گیری رنگ روغن: برای سنجش رنگ از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد. برای این منظور، نمونه‌ها توسط تتراکلریدکربن ( $CCl_4$ ) ده مرتبه رقیق و دانسیته اپتیک روغن در طول موج‌های ۶۷۰، ۴۸۴، ۴۵۴ و ۴۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (جذب در نواحی ۴۸۴، ۴۵۴، ۴۳۰ نانومتر بر اساس رنگ زرد ناشی از کارتونوئیدها و در ۶۷۰ نانومتر به واسطه پیگمان‌هایی از قبیل کلروفیل است) (Anon, 1990).

- اندیس کربونیل: اندیس کربونیل با روش اسپکتروفتومتری رانالی و مارتین (Ranalli & Martin, 1994) اندازه‌گیری شد

$$(CI = A_{1715} / A_{2916})$$

تجزیه آماری: جهت آنالیز آماری نتایج از یک طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی با سه فاکتور: خردکردن در دو سطح، دمای ورزدادن در چهار سطح، و مدت زمان ورزدادن در چهار سطح استفاده شد. بدین ترتیب  $2 \times 4 \times 4$  تیمار وجود داشت که در سه تکرار انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

بهبودسازی فرایند استخراج روغن زیتون به منظور افزایش ...

استحصال افزایش معنی‌داری ندارد که تاییدی بر نتایج می‌گویند با ورزدادن خمیر بیشتر از ۶۰ دقیقه، راندمان رانالی و همکاران (Ranalli *et al.*, 2003) است که استخراج روغن کاهش می‌یابد.

جدول ۱- میزان راندمان استخراج روغن زیتون (درصد) با توجه به سه عامل خردکردن، دما، و مدت زمان

دو بار خردکردن		یک بار خردکردن				خردکردن		مدت زمان (دقیقه)	دما (درجه سانتی‌گراد)
۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵		
۸۸/۴def	۸۸/۵def	۸۴/۳ijk	۸۲/۵klm	۸۶/۱ghi	۸۶/۲ghi	۸۲/۲klm	۸۰/۳ m	۲۵	
۹۰/۱abc	۹۰/۴ab	۸۶/۲ghi	۸۳/۷jkl	۸۸/۵cde	۸۸/۴def	۸۴/۱ikl	۸۱/۴Lm	۳۵	
۹۰/۷ab	۹۰/۶ab	۸۷fgh	۸۴jkl	۸۸/۹bcd	۸۸/۷cde	۸۴/۶ijk	۸۲klm	۴۵	
۹۱/۲a	۹۱ab	۸۷/۵efg	۸۵hij	۸۹/۳bcd	۸۹/۱bcd	۸۵ hij	۸۳klm	۶۰	

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

بخش تحقیق با نتایج رانالی و همکاران (Ranalli *et al.*, 2003) همسو اما با نتایج مورالس و اپاریسیو (Morales & Aparicio, 1999) که می‌گویند دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با مدت زمان ۶۰ دقیقه راندمان استخراج بالاتری به دست می‌آید مطابقت ندارد؛ این اختلاف ناشی از به کارگیری واریته‌های متفاوت و شرایط منطقه‌ای متفاوت است.

نتایج تجزیه واریانس میزان استحصال روغن بر اساس طبقه‌بندی سه‌طرفه در جدول ۱ آمده است. مقایسه میانگین‌ها، کمترین راندمان استخراج را در روش خردکردن یک‌مرحله‌ای با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۶۰ دقیقه و بیشترین راندمان را در روش خردکردن دو مرحله‌ای با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۴۵ دقیقه نشان می‌دهد.

در بررسی همزمان عامل خردکردن و دمای ورزدادن بر راندمان استخراج مشاهده می‌شود که در تمامی سطوح دمایی، راندمان استخراج در روش خردکردن دو مرحله‌ای بالاتر از روش خردکردن یک مرحله‌ای است. اثر همزمان روش خردکردن و مدت زمان ورزدادن بر راندمان استحصال نشان می‌دهد در تمامی زمان‌ها راندمان استخراج در روش دو بار خردکردن با اختلاف معنی‌داری نسبت به روش خردکردن یک مرحله‌ای بالاتر است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در همه سطوح دمایی، از دقیقه ۴۵ به بعد اختلاف در راندمان استخراج معنی‌دار نیست و بیشترین راندمان در تیمارهای ۳۵، ۴۵، و ۶۰ درجه سانتی‌گراد با مدت زمان‌های ۴۵ و ۶۰ دقیقه و کمترین راندمان استخراج در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۱۵ دقیقه حاصل می‌شود. این

جدول ۲- میزان راندمان استحصال روغن (درصد) با توجه به دو عامل دما و مدت زمان ورزدادن (مالاکسیون)

میانگین	زمان (دقیقه)				دما (درجه سانتی گراد)
	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	
۸۴/۸	۸۷/۲ bc	۸۷/۳ bc	۸۳/۲ f	۸۱/۴ g	۲۵
۸۶/۳	۸۸ ab	۸۹/۲ a	۸۵/۱ de	۸۲/۵ fg	۳۵
۸۷	۸۹/۸ a	۸۹/۶ a	۸۵/۸ cd	۸۳ f	۴۵
۸۷/۵	۹۰ a	۹۰ a	۸۶/۲ cd	۸۴ ef	۶۰
	۸۹a	۸۹a	۸۵/۱b	۸۲/۷c	میانگین

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

۳۵ درجه سانتی‌گراد به بالا معنی‌دار است. بنابر داده‌های جدول ۴، کمترین میزان اسیدیته با ۰/۳۵ درصد، در تیمار خردکردن یک مرحله‌ای و مدت زمان ۱۵ دقیقه و بیشترین آن با ۰/۷۶ درصد در تیمار خردکردن دو مرحله‌ای و مدت زمان ۶۰ دقیقه به دست می‌آید. آنچه مسلم است با افزایش مدت زمان و دمای ورزدادن، اسیدیته نیز افزایش می‌یابد اما این افزایش در دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد تا مدت ۴۵ دقیقه معنی‌دار نیست.

بر اثر تخریب میوه در مرحله خردکردن، آنزیم‌های متفاوتی به سرعت فعال می‌شوند که اکثر آنها در مرحله مالاکسیون منشاء تغییرات هستند. برای مثال، افزایش اسیدیته در مدت زمان‌های طولانی می‌تواند مربوط به افزایش فعالیت آنزیم لیپاز باشد. بنابراین، با بررسی همزمان هر سه عامل می‌توان گفت با توجه به اینکه دوبار خردکردن تغییری در اسیدیته حاصل نکرده است و در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۴۵ دقیقه اسیدیته حفظ شده است این شرایط مناسب است. این نتیجه‌گیری با نتایج حاصل از تحقیقات گیوواکچینو و

#### بررسی شرایط خردکردن، دما، و مدت زمان ورزدادن بر اسیدیته روغن

نتایج تأثیر سطوح مختلف خردکردن، دما، و مدت زمان ورزدادن بر میزان اسیدیته روغن استحصالی در جدول ۳ خلاصه شده است. نتایج نشان می‌دهد که عامل خردکردن اثر معنی‌داری بر میزان اسیدیته روغن نداشته است.

صرف نظر از روش خردکردن و مدت زمان ورزدادن، کمترین و بیشترین میزان اسیدیته به ترتیب در دمای ۲۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمده است و می‌توان گفت تا دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد تغییر معنی‌داری در اسیدیته حاصل نشده است. با افزایش مدت زمان ورزدادن، مقدار اسیدیته نیز افزایش یافته به طوری که با افزایش مدت زمان ورزدادن از ۱۵ دقیقه به ۶۰ دقیقه میانگین اسیدیته از ۰/۳۶ درصد به ۰/۸ درصد افزایش یافته است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد بین مدت زمان ورزدادن ۴۵ و ۶۰ دقیقه، اختلاف معنی‌دار است. همچنین در کلیه سطوح مختلف دمایی، میزان اسیدیته در خردکردن دو مرحله‌ای بالاتر و در هر دو روش خردکردن، افزایش اسیدیته از دمای

بهبودسازی فرایند استخراج روغن زیتون به منظور افزایش ...

کنستانتینی (Giovacchino & Constantini, 2002) ۴۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان‌های بالای ۵۰ دقیقه مطابق است اما با نتایج رانالی و همکاران (Ranalli et al., 2003) که تغییرات اسیدیته را در دمای رقم زیتون و شرایط منطقه‌ای باشد.

جدول ۳- میزان اسیدیته روغن زیتون (درصد) با توجه به سه عامل خردکردن، دما، و مدت زمان ورز دادن

دما (درجه سانتی‌گراد)		خردکردن زمان (دقیقه)				یک‌بار خردکردن				دو بار خردکردن			
		۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰
۲۵	۰/۲۹a	۰/۳۴a	۰/۳۸ab	۰/۴abc	۰/۳۲a	۰/۳۳a	۰/۳۹ab	۰/۴۸bc	۰/۲۹a	۰/۳۴a	۰/۳۸ab	۰/۴abc	
۳۵	۰/۳a	۰/۳۶ab	۰/۴abc	۰/۴۵bc	۰/۳a	۰/۳۷ab	۰/۴۴bc	۰/۵۲bcd	۰/۳a	۰/۳۶ab	۰/۴abc	۰/۴۵bc	
۴۵	۰/۳۷ab	۰/۴۹bc	۰/۶cd	۰/۸def	۰/۳۵ab	۰/۵۱bcd	۰/۶۳cd	۰/۸۵def	۰/۳۷ab	۰/۴۹bc	۰/۶cd	۰/۸۵def	
۶۰	۰/۴۶bc	۰/۶۷cde	۰/۸۵def	۱/۱ef	۰/۴۷bc	۰/۶۷cde	۰/۹۵def	۱/۲f	۰/۴۶bc	۰/۶۷cde	۰/۹۵def	۱/۲f	

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

جدول ۴- میزان اسیدیته روغن استحصالی (درصد) با توجه به دو عامل درجه حرارت و مدت زمان ورز دادن

دما (درجه سانتی‌گراد)		زمان (دقیقه)				میانگین
		۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	
۲۵	۰/۳۱ a	۰/۳۳ a	۰/۳۸ a	۰/۴۴ ab	۰/۳۶ a	
۳۵	۰/۳۱ a	۰/۳۶ a	۰/۴۲ a	۰/۴۸ bc	۰/۳۹ a	
۴۵	۰/۳۶ a	۰/۵ bc	۰/۶۲ cd	۰/۸۲ de	۰/۵۸ b	
۶۰	۰/۴۶ ab	۰/۶۷ bcd	۰/۹ ef	۱/۱ f	۰/۸۰ c	
میانگین	۰/۳۶a	۰/۴۶ ab	۰/۵۷b	۰/۷۲c		

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

### بررسی شرایط مختلف خردکردن، دما، و مدت زمان

#### ورز دادن بر میزان پراکسید روغن

در جدول ۵، نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف خردکردن، دما، و مدت زمان ورز دادن بر میزان پراکسید روغن استحصالی خلاصه شده است.

### اثر خردکردن بر میزان پراکسید روغن استحصالی

معنی‌دار نیست. میانگین میزان پراکسید روغن در روش یک‌بار خردکردن ۶/۹ (میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) و در روش دو بار خردکردن ۷ (میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) است و بنابراین روند تغییرات پراکسید در این دو روش یکسان است.

جدول ۵- میزان پراکسید روغن (میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) با توجه به سه عامل خردکردن، دما، و مدت زمان ورزدادن

دوبار خردکردن			یک‌بار خردکردن				خردکردن	
							زمان (دقیقه)	
							دما (درجه سانتی‌گراد)	
۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	
۶/۵fgh	۵/۶bcd	۵/۳ab	۵/۱a	۶def	۵/۳ab	۵/۲a	۵/۱a	۲۵
۶/۹ghi	۵/۸cde	۵/۴ab	۵/۳ab	۶/۲efg	۵/۵bc	۵/۴ab	۵/۳ab	۳۵
۸/۲jkl	۷/۵ijk	۷/۱hi	۶/۷gh	۸/۱jkl	۷/۳hig	۶/۸gh	۶/۵fgh	۴۵
۱۱/۱m	۱۰/۱m	۸/۱l	۸/۵kl	۱۱m	۱۰/۱m	۸/۷kl	۸/۳jkl	۶۰

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

در جدول ۶ می‌بینیم که با افزایش دما در تمامی سطوح مدت زمان ورزدادن و بالعکس با افزایش مدت زمان در تمام سطوح دمایی، میزان پراکسید نیز افزایش می‌یابد. اما مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که افزایش دما تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد و افزایش مدت زمان ورزدادن تا ۴۵ دقیقه، اثری معنی‌دار بر میزان پراکسید ندارد. به عبارت دیگر، می‌توان ورزدادن را با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و تا مدت زمان ۴۵ دقیقه ادامه داد بی‌آنکه تغییری گسترده در کیفیت روغن از نظر میزان پراکسید حاصل شود. در دماهای ۴۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد حداکثر مدت زمان ورزدادن ۱۵ دقیقه خواهد بود و مدت زمان ۶۰ دقیقه، میزان پراکسید به مرحله بحرانی می‌رسد.

با افزایش دما، مقدار پراکسید نیز افزایش می‌یابد، اما این افزایش تا دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار نیست و از آن به بعد یعنی در دماهای ۴۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار می‌شود. به عبارت دیگر، با افزایش دما، فرایندهای اکسیداسیون سرعت می‌گیرد و با تولید مقادیر بیشتری هیدروپراکسید از اسیدهای چرب غیر اشباع میزان پراکسید افزایش می‌یابد. با افزایش مدت زمان ورزدادن، مقدار پراکسید نیز افزایش می‌یابد. به طوری که وقتی این مدت زمان از ۱۵ دقیقه به ۶۰ دقیقه می‌رسد میزان پراکسید روغن از ۶/۳ به ۷/۹ افزایش می‌یابد. یادآوری می‌شود که روند تغییرات پراکسید در عامل مدت زمان، نسبت به دما، تدریجی و سرعت کمتری دارد.



جدول ۶- میزان پراکسید روغن استحصالی (میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم) با توجه به دو عامل دما و مدت زمان ورز دادن

میانگین	زمان (دقیقه)					دما (درجه سانتی‌گراد)
	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	۱۵	
۵/۵ a	۶/۲ b	۵/۴ a	۵/۲ a	۵/۱ a	۲۵	
۵/۷ a	۶/۵ bc	۵/۶ a	۵/۴ a	۵/۳ a	۳۵	
۷/۲ b	۸/۲ ef	۷/۴ d	۷ cd	۶/۶ c	۴۵	
۹/۶ c	۱۱/۱ g	۱۰/۱ f	۸/۸ e	۸/۴ d	۶۰	
	۷/۹c	۷/۱b	۶/۵a	۶/۳a	میانگین	

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

رنگ نیز افزایش می‌یابد. به طوری که در جدول ۸ می‌بینیم، از دمای ۲۵ به ۶۰ درجه سانتی‌گراد، میانگین میزان رنگ از ۵/۸ به ۷/۸ درصد رسیده است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که رنگ روغن از دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به بعد با تغییرات جزئی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش مدت زمان ورز دادن، میزان رنگ نیز افزایش می‌یابد به طوری که کمترین میزان رنگ (۶/۲ درصد) در مدت زمان ۱۵ دقیقه و بیشترین مقدار آن (۸ درصد) در مدت زمان ۶۰ دقیقه حاصل شده است (جدول ۸). در هر دو روش خردکردن، فاصله زمانی ۳۰ تا ۴۵ دقیقه تغییرات میزان رنگ کمتر است. با افزایش دما در تمامی زمان‌ها، میزان رنگ افزایش می‌یابد. بنابراین، می‌توان گفت دمای پایین با زمان‌های کوتاه مناسب‌تر است.

بنابراین، در بررسی همزمان هر سه عامل با توجه به نتایج بالا می‌توان گفت که روش خردکردن بر میزان پراکسید اثری ندارد و در بین شرایط مختلف ورز دادن دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با مدت زمان ۴۵ دقیقه مناسب‌تر است. نتایج حاصل از این بخش با نتایج رانالی و همکاران (Ranalli et al., 2003)، رانالی و آنگروسا (Ranalli & Angrosa, 2000) که می‌گویند تغییرات پراکسید روغن معمولاً در دمای پایین و زمان کوتاه، قابل توجه نیست مطابقت دارد.

#### بررسی شرایط خردکردن، دما، و مدت زمان ورز دادن بر رنگ روغن

نتایج آماری نشان می‌دهد که خردکردن به تنهایی تأثیری بر رنگ روغن ندارد. با افزایش دما، درصد

جدول ۷- میزان رنگ روغن (درصد) با توجه به سه عامل خردکردن، دما، و مدت زمان ورز دادن

خردکردن		یک بار خردکردن				دو بار خردکردن			
دما (درجه سانتی گراد)	زمان (دقیقه)	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰
		۲۵	۴/۸a	۵/۲ab	۵/۷bcd	۷/۶ghi	۴/۹a	۵/۲ab	۵/۶bc
۳۵	۵/۷bcd	۶/۳def	۶/۷efg	۷/۲fgh	۵/۸cde	۶/۳def	۶/۷efg	۷/۳fgh	
۴۵	۶/۹efg	۷/۴ghi	۸hi	۸/۵i	۷fgh	۷/۵ghi	۸/۱hi	۸/۵i	
۶۰	۷fgh	۷/۵ghi	۸/۱hi	۸/۶i	۷/۲fgh	۷/۶ghi	۸/۲hi	۸/۷i	

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

جدول ۸- میزان رنگ روغن درصد با توجه به دو عامل دما، و زمان ورز دادن

میانگین	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	زمان (دقیقه)	دما (درجه سانتی گراد)
۳۵	۵/۷ ab	۶/۳ bc	۶/۷ cd	۷/۲ cde	۶/۴ a	
۴۵	۷ cd	۷/۵ de	۸ efg	۸/۵ fg	۷/۷ b	
۶۰	۷/۱ cde	۷/۵ de	۸/۱ efg	۸/۶ g	۷/۸ b	
میانگین	۶/۲a	۶/۶ab	۷/۱b	۸c		

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

دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در هر دو روش خردکردن تا دقیقه ۴۵ تغییری در رنگ حاصل نشده است. پارانته و اسپاگنولی (Parenti & Spugnoli, 2000) تغییری معنی‌دار در مورد رنگ گزارش نکردند اما رانالی و همکاران (Ranalli et al., 2003) می‌گویند با افزایش دما و

در بررسی همزمان هر سه عامل، میزان رنگ استخراجی از ۴/۸ درصد در شرایط خردکردن یک مرحله‌ای با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۱۵ دقیقه تا ۸/۷ درصد در خردکردن دو مرحله‌ای با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۶۰ دقیقه متغیر است. در

اندیس کربونیل تأثیر ندارد و نسبت به دو عامل دیگر اهمیت کمتری دارد. عامل دما تأثیر بیشتری بر اندیس کربونیل دارد و نسبت به سایر عوامل مهم‌تر است. روند تغییرات کربونیل در عامل مدت زمان ورز دادن بسیار کند و تدریجی است به طوری که مقایسه میانگین‌ها بین مدت زمان‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد. کمترین اندیس کربونیل در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با خرد کردن یک و دومرحله‌ای، و بیشترین آن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و خرد کردن دومرحله‌ای حاصل می‌شود و در تمامی سطوح حرارتی تا دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد مقدار اندیس کربونیل نسبت به دماهای ۴۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد کمتر است.

زمان ورز دادن میزان پیگمان‌های رنگی افزایش می‌یابد و در زمان‌های طولانی‌تر این افزایش چشمگیر است. تفاوت در نتایج به دلیل اختلاف در میزان آزادسازی پیگمان‌های رنگی است که بستگی به فاکتورهای ژنتیکی، خصوصاً واریته زیتون دارد (Ranalli et al., 2003).

### بررسی تأثیر عوامل خرد کردن، دما، و مدت زمان ورز دادن بر اندیس کربونیل

میانگین اندیس کربونیل روغن (که در واقع نشان‌دهنده وقوع و پیشرفت اکسیداسیون در اثر فعالیت آنزیم لیپاز و حرارت است)، صرف‌نظر از دما و مدت زمان ورز دادن، نشان می‌دهد که روش خرد کردن بر تغییرات

جدول ۹- میزان اندیس کربونیل روغن با توجه به سه عامل خرد کردن، دما، و مدت ورز دادن

دوبار خرد کردن		یک‌بار خرد کردن				خرد کردن		دما (درجه سانتی‌گراد)
۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	
۱/۹ab	۱/۸a	۱/۷a	۱/۷a	۱/۹ab	۱/۸a	۱/۸a	۱/۷a	۲۵
۲/۹cde	۲/۵bc	۲/۳ab	۲/۲ab	۲/۸cd	۲/۴bc	۲/۲ab	۲/۱ab	۳۵
۴/۲fg	۴efg	۳/۸efg	۳/۵def	۴/۲fg	۳/۹efg	۳/۷efg	۳/۵def	۴۵
۵/۷i	۴/۸hi	۴/۵fgh	۴/۴fgh	۵/۵i	۴/۷hi	۴/۴fgh	۴/۴fgh	۶۰

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

درجه سانتی‌گراد در کلیه سطوح زمانی نسبت به سایر شرایط، در اندیس کربونیل تغییر دیده نمی‌شود و در واقع افزایش فعالیت آنزیم لیپاز و تشدید فرایندهای کسیداسیون اولیه و ثانویه، افزایش اندیس کربونیل را در شرایط دما و زمان بالا به دنبال دارد (Ranalli et al., 2003).

مقدار اندیس کربونیل از ۱/۷ (در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۵ دقیقه) تا ۵/۷ (در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۰ دقیقه) متغیر است؛ در دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در کلیه سطوح زمانی، تغییر اندیس کربونیل معنی‌دار نیست. بنابراین می‌توان گفت در هر دو روش خرد کردن تا دمای ۳۵

### نتیجه‌گیری

ورزدادن تا ۴۵ دقیقه تأثیر مثبت بر راندمان و خواص کیفی روغن حاصله داشت و زمان‌های بالاتر به دلیل عدم افزایش راندمان و کیفیت و همچنین طولانی شدن زمان تولید، توصیه نمی‌شود.

• روش خردکردن میوه تأثیری معنی‌دار بر راندمان استخراج دارد از این رو بهتر است خردکردن دومرحله‌ای باشد.

• در استحصال روغن، دما، و مدت زمان ورزدادن، و روش خردکردن از فاکتورهای بسیار مهم در راندمان استخراج و خصوصیات کیفی روغن به شمار می‌آیند که به‌عنوان نقاط بحرانی باید تحت کنترل باشند.

• دمای ورزدادن نباید از ۳۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر رود زیرا تأثیر منفی بر کیفیت روغن دارد و مدت زمان

### مراجع

- Angrosa, F. and Bastic, C. 1998. Biogeneration of volatile compounds in relation to malaxation time. *J. Agric. Chem.* 46(8): 2940-2944.
- Anon. 1990. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemist. Washington. D. C. USA.
- Angrosa, F., Mostallino, R. and Carla, B. 2001. Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oils. *Food. Chem.* 72(2): 19-28.
- Darvish, M. 1997. Olive. Agricultural Education Pub. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Giovacchino, L. and Costantini, N. 2002. Influence of malaxation of olive paste on oil extraction yields and chemical and organoleptic characteristics. *Food. Chem.* 53(2): 179-186.
- Mirnezami, H. 2002. Oil Technology and Refinery. Mashhad Pub. Mashhad. Iran. (in Farsi)
- Morales, M. T. and Aparicio, R. 1999. Effect of the extraction conditions of virgin olive oil on the lipoxygenase scade. *Food. Chem.* 50(2): 114-121.
- Parenti, A. and Spugnoli, P. 2000. Kneading and olive oil quality. *Rivista-Italiana-Sostanze-Grasse.* 17(2): 61-64.
- Ranalli, A. and Martin, N. 1994. Extraction of the olive oil by conventional technic. *Industerial-Alimentaria.* 33, 1073-1083.
- Ranalli, A. and Angerosa, F. 2000. Influence of malaxation temperature and time on the quality of virgin olive oil. *Food. Chem.* 12(1): 19-28.
- Ranalli, A. and Constantini, N. 1993. Studied on double milling in extraction of olive oil by the centrifugation process. *Industerial-Alimentaria.* 32(15): 489 -508.

بهینه‌سازی فرایند استخراج روغن زیتون به منظور افزایش ...

**Ranalli, A., Cabras, P. and Lannucci, E. 2001. Lipochromes, vitamins, aromas and other components of virgin olive oil are affected by processing technology. Food. Chem. 73(2): 445-451.**

**Ranalli, A., Contento, S. and Schiavone, C. 2003. Malaxing temperature affects volatile and phenol composition as other analytical features of virgin olive oil. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 103, 228-238.**



## **Optimization of Olive Oil Extraction to Enhance Efficiency and Quality**

**J. Mohamadzadeh<sup>\*</sup> and M. R. Ahmadi**

<sup>\*</sup> Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 49165-363, Georgan, Iran. E-mail: jmohamadzadeh@yahoo.com

Olive oil is one of the oldest known vegetable oils, ranking sixth in world production. Since it is extracted from fresh fruit and used without aging, the conditions of oil production are very important. During the extraction of virgin olive oil, the milling and malaxation steps are vital for increasing oil yield and quality. In this study, the effect of milling (single or double), temperature of malaxation (25, 35, 45, 60°C) and duration of malaxation (15, 30, 45, 60min) on yield and quality (acidity, peroxide index, color, carbonyl values) of virgin olive oils (cultivar Roghani) were investigated. The results showed that double milling increased oil yield, but that the type of milling had no significant effect on oil quality. Increasing temperature and duration of malaxation increased oil yield, however oil production increased substantially up to 35°C and 45 min but did not show a significant difference after that point. An examination of the qualitative characteristics of oil showed that, under the conditions tested, there was no significant difference in quality. The oil produced was of the highest quality. It was concluded that the optimal extraction method for the production of good quality oil with a satisfactory yield is to employ double milling with malaxation for 45 min at 35°C.

**Key Words:** Malaxation, Milling, Oil Quality, Olive Oil