

ارزیابی خصوصیات عملکردی کنجاله‌های هگزانی و دوفازی سه رقم کانولا

*علیرضا قدس‌ولی^۱، محمدحسین حداد خداپرست^۲ و منوچهر وثوقی^۳

^۱استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، ^۲دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد،

^۳آستاد گروه مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی شریف

تاریخ دریافت: ۸۳/۲/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۸/۲۰

چکیده

از دو روش برای آماده‌سازی نمونه‌های آزمایشگاهی از دانه کامل (کنجاله) و بدون پوسته (آرد) ارقام کانولا کوانتوم، پی.اف.۷۰۴۵/۹۱ و هایولا ۴۰۱ استفاده شد. روش تک فازی یا استخراج روغن به وسیله هگزان و روش دوفازی یا استخراج روغن به وسیله متانول-آب و هگزان. تأثیر رقم، پوست‌گیری و روش استخراج روغن روی میزان گلوکزینولات، پروتئین و اسید فیتیک معنی دار ($P < 0/01$) بود، چنانکه پروتئین نمونه‌های دوفازی ۱۲/۴-۸/۹ درصد بیشتر از نمونه‌های هگزانی بود. نتایج نشان داد که کاهش بین ۶۰/۸-۴/۰ درصد در میزان گلوکزینولات نمونه‌های دوفازی وجود داشت. برخی از خصوصیات عملکردی (شاخص دیسپرس پروتئین، شاخص حلالیت نیتروزن، جذب آب و روغن، خصوصیات امولسیون کنندگی و خصوصیات کف‌زایی) نمونه‌های آزمایشگاهی تعیین گردید. وارته، پوست‌گیری و روش استخراج روغن تأثیر بسیار معنی‌دار ($P < 0/01$) روی PDI و NSI داشتند، چنان که میانگین کاهش PDI کنجاله و آردهای دو فازی به ترتیب ۴۷ و ۴۸ درصد بود. یک رابطه خطی بین این دو شاخص با ضریب همبستگی $r = 0/96$ بدست آمد. نمونه‌های آزمایشگاهی جذب آب نسبتاً بالایی (متجاوز از ۲۰۰ درصد) نشان دادند و به خوبی با کنجاله سویا قابل مقایسه می‌باشند. جذب روغن کنجاله دو فازی حدود ۱۵-۱۰ درصد بالاتر از کنجاله هگزانی بود. روش استخراج دو فازی تأثیر معنی‌دار ($P < 0/01$) بر خصوصیات امولسیون کنندگی کنجاله‌ها نداشت. تأثیر حرارت بر فعالیت امولسیون کنندگی معنی‌دار ($P < 0/05$) نبود. نتایج این تحقیق نشان دهنده تأثیر معنی‌دار ($P < 0/01$) وارته، پوست‌گیری و روش استخراج روی ظرفیت کف‌زایی نمونه‌های آزمایشگاهی بود. پایداری کف نمونه‌های دوفازی (۱۲۰-۶۰ دقیقه)، بیشتر از هگزانی (۴۰-۲۰ دقیقه) بود. نمونه‌های آرد (دانه فاقد پوسته و روغن کشی شده) تهیه شده از ارقام مورد بررسی، پتانسیل استفاده در مصارف انسانی را دارند و می‌توان از آنها به عنوان اتصال‌دهنده و یا حجم دهنده در صنایع گوشت استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: کلزا/کانولا، کنجاله کانولا، خصوصیات عملکردی، استخراج دوفازی

مقدمه

(۱۹۸۱). این مشکل قدری با روش دست‌ورزی ژنتیکی و معرفی ارقام کم گلوکزینولات (کمتر از ۳ میلی‌گرم در گرم کنجاله) که از سال ۱۹۷۹، نام تجاری کانولا در کانادا برای آنها منظور گردیده، حل شده است. روش‌های مختلفی برای تولید محصولات پروتئینی قابل استفاده در مصارف انسانی از کلزا/کانولا ارائه شده است (گیلبرگ و تورنل، ۱۹۷۶؛ تامپسون و همکاران، ۱۹۸۲)، از جمله روش استخراج دو فازی (دیوشدی و همکاران، ۱۹۸۴؛ تزنگ و همکاران، ۱۹۸۸؛ ژو و همکاران، ۱۹۹۰). یک فاز شامل متانول-آمونیاک-آب یا متانول-آب و فاز دیگر هگزان. روش‌های مختلف حذف گلوکزینولات مرور گردیده است (ماهسواری و همکاران، ۱۹۸۱). در صورتی که آنزیم مایروزیناز غیر فعال نشده باشد، احتمال شکستن گلوکزینولات و تولید ترکیبات سمی در دستگاه گوارش وجود دارد (فنویک و همکاران، ۱۹۸۲). با استفاده از سیستم حلال شامل متانول و یا متانول حاوی آمونیاک، استخراج روغن از دانه‌های روغنی با تضمین بازیافت گلوکزینولات و ترکیبات فنلی امکان‌پذیر شد (اشلینگ مان و لیبینسکی، ۱۹۸۲). کاربرد استفاده از ترکیب آلکانول، آمونیاک، آب و هگزان به منظور تولید کنجاله‌ای با کیفیت بالا و همزمان استخراج روغن از کانولا مورد بررسی قرار گرفته است (روبین و همکاران، ۱۹۸۶). اهداف این تحقیق شامل تولید نمونه‌های هگزانی و دوفازی از دانه کامل و یا بدون پوسته ارقام کانولا کوانتوم، پی.اف.۷۰۴۵/۹۱ و هایولا۴۰۱ و بررسی تأثیر روش استخراج روغن بر میزان گلوکزینولات، پروتئین و اسید فیتیک و برخی از خصوصیات عملکردی نمونه‌های آزمایشگاهی می‌باشد.

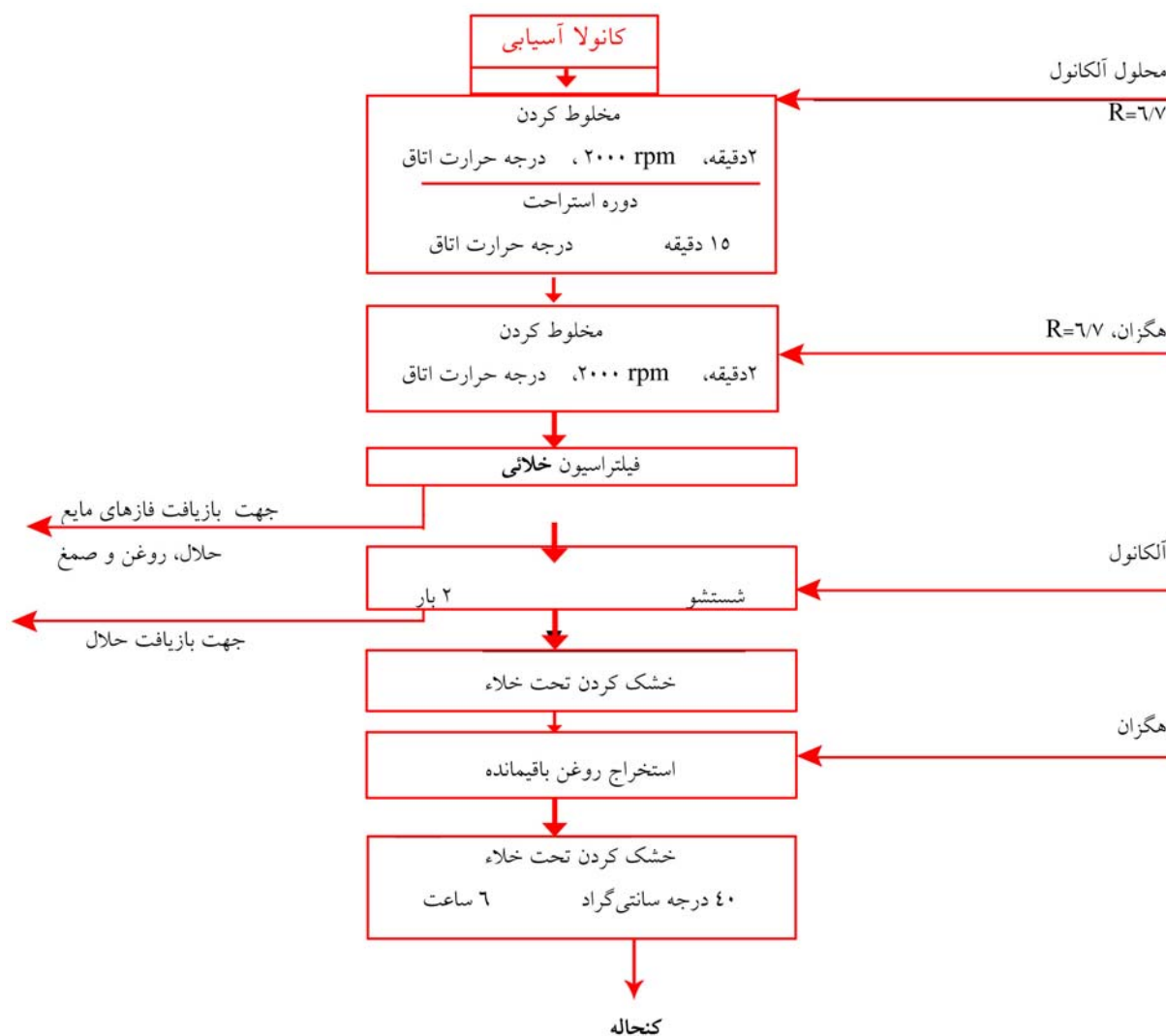
مواد و روش‌ها

مراحل تهیه ارقام، آماده سازی نمونه‌ها و تهیه نمونه‌های هگزانی و دوفازی در آزمایشگاه صنایع غذایی مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان و تجزیه‌های شیمیایی و تعیین خصوصیات عملکردی در آزمایشگاه صنایع غذایی

مصرف سرانه روغن خوراکی در کشور بیش از ۱۶ کیلوگرم برآورد شده است و همچنین با توجه به جمعیت کشور، حدود یک میلیون تن روغن در سال نیاز می‌باشد که بیش از ۹۰ درصد آن از طریق واردات تأمین می‌گردد (خلیلی، ۱۳۸۲). بدین لحاظ لزوم برنامه‌ریزی بلند مدت و منسجم با هدف نیل به خودکفایی در تولید روغن خوراکی غیر قابل انکار خواهد بود. کلزا/کانولا یکی از دانه‌های روغنی مهم است که با تولید متجاوز از ۴۰ میلیون تن در سال، مقام دوم را از نظر تولید جهانی به خود اختصاص داده است (USDA, ۲۰۰۴). سطح زیرکشت ارقام مختلف کانولا در ایران حدود ۱۵۰ هزار هکتار با میانگین تولید حدود ۱۲۰۰ کیلوگرم است. تغییر الگوی زندگی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه تأثیر فراوانی بر عادات غذایی مصرف کنندگان و ترغیب به استفاده از غذاهای آماده و کم حجم داشته است و آگاهی عمومی در مورد مزایای تغذیه با محصولات با پایه پروتئین گیاهی نظیر محصولات کم کالری و حاوی الیاف زیاد و اجتناب از چربی‌های حیوانی، روندی فزاینده دارد (ما، ۱۹۸۸). رشد سریع جمعیت، محدودیت منابع تأمین مواد غذایی و افزایش تقاضا برای منابع پروتئینی جدید و ارزان با خصوصیات عملکردی مطلوب، توجه دانشمندان را به منابع پروتئینی گیاهی خصوصاً دانه‌های روغنی (از جمله کلزا/کانولا)، سبوس برنج، یونجه، نخود فرنگی، گردو و ... معطوف داشته است. عمده مصرف کانولا در تولید روغن و در مرتبه بعدی تولید کنجاله و محصولات پروتئینی از آن است. پسمان کنجاله آن پس از روغن کشی حاوی ۵۰-۴۰ درصد پروتئین با ترکیب مناسبی از اسیدهای آمینه و مقادیر زیادی از اسیدهای آمینه ضروری لیزین و متیونین می‌باشد (سرور و همکاران، ۱۹۸۴؛ ال نوکراشی، ۱۹۷۵). البته وجود ترکیبات نامطلوب از جمله گلوکزینولات، اسید فیتیک، الیاف و ترکیبات فنلی، استفاده از آن را در تغذیه دام و مصارف انسانی محدود نموده است (فنویک و همکاران، ۱۹۸۲؛ ماهسواری و همکاران،

آماده سازی کنجاله تک فازی با آسیاب کامل، عبور ماده آسیابی از مش ۶۰ و سپس استخراج روغن بوسیله، حلال هگزان در سوکسله به مدت ۱۸ ساعت و خشک کردن خلأی در ۵۰-۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴-۶ ساعت.

گروه مهندسی شیمی دانشگاه تورنتو، کانادا، به انجام رسید. ارقام کانولا تحت مطالعه (کوانتوم، پی.اف و هایولا) از شرکت سهامی توسعه کشت دانه‌های روغنی (گلستان) و از سطح مزارع تکثیری تهیه گردیدند. پوست‌گیری بدون حرارت‌دهی و تعدیل رطوبت و به‌وسیله هوادهی پودر زبر تهیه شده از دانه‌های کامل انجام شد.



شکل ۱- روش تهیه و آماده‌سازی نمونه‌های دوفازی (دیوشدی و همکاران، ۱۹۸۵؛ روبین و همکاران، ۱۹۸۶).

رابطه (۳): $OD_{245} \times [22/1] = OD_{245} \times \text{میلی گرم } 5 - \text{وینیل}$
 اگزازولیدین-۲- تیون در گرم نمونه

تعیین اسید فیتیک محتوی بوسیله روش فبلز و همکاران (۲۰۰۱) و شامل مخلوط کردن ۲ گرم نمونه با ۴۰ میلی لیتر از محلول (C) ۰/۴ مولار اسید کلریدریک همراه با ۵ درصد سولفات سدیم در لوله آزمایش فالکون؛ تکان دادن در یک لرزاننده نوسانی به مدت ۲ ساعت؛ سانتریفوژ کردن محلول در ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه؛ صاف کردن محلول رویی با کاغذ صافی واتمن نمبر ۴۵؛ انتقال ۲۰ میلی لیتر از محلول شفاف به یک لوله هضم و افزودن ۲۰ میلی لیتر از محلول (C)، ۲۰ میلی لیتر از محلول (A) ۰/۰۲ مولار آهن (III) تهیه شده از کلرید آهن (FeCl₃) در اسیدسولفوریک ۰/۱۶ مولار و ۲۰ میلی لیتر از محلول (D) ۲۰ درصد اسید سولفوسالیسیلیک؛ بهم زنی محلول و هضم در حمام آب ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه؛ تکان دادن لوله هضم و سرد کردن تا زمان ته نشین شدن رسوبات؛ انتقال ۲۰ میلی لیتر از محلول شفاف رویی به یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری و رقیق کردن تا ۲۰۰ میلی لیتر با آب مقطر؛ تنظیم pH در حد ۲/۵ بوسیله هیدروکسید سدیم؛ گرم کردن محلول تا دمای هضم و تیتراژ با محلول ۰/۰۱ مولار اتیلن دی نیتریلوتترا استیک اسید (EDTA).

رابطه (۴): $1/(B-V) / P = \text{اسید فیتیک (درصد)}$
 B: تیتراسیون شاهد؛ V: حجم محلول EDTA مصرفی (میلی لیتر)؛ P: وزن نمونه (گرم).

خصوصیات عملکردی: تعیین pH دیسپرسیون ۱۰ درصد (W/V) نمونه در آب مقطر بوسیله pH متر متروم مدل ۶۳۲.

تعیین شاخص حلالیت نیتروژن و شاخص دیسپرس پروتئین به ترتیب طبق روش ۲۳-۴۶ و ۲۴-۴۶ (AACC، ۱۹۷۶).

تعیین جذب آب بوسیله روش ناچک و همکاران (۱۹۸۵) شامل: تهیه دیسپرسیونی از ۲ گرم نمونه در ۱۶ میلی لیتر آب مقطر در لوله سانتریفوژ ۵۰ میلی لیتری؛ همزنی محتویات لوله (۷ بار) هر ۱۰ دقیقه به مدت ۳۰ ثانیه و سپس سانتریفوژ (مدل سنترا-۴ بک من کولترا، J-

تجزیه های شیمیایی: تعیین رطوبت طبق روش A-۱۵-۴۴ (AOAC، ۲۰۰۵). توزین حدود ۲ گرم نمونه و استفاده از خشک کن برقی و دمای حدود ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۳-۵ ساعت و محاسبه میزان رطوبت از روی درصد اختلاف وزن نمونه.

تعیین پروتئین محتوی (N×۶/۲۵) طبق روش کجالدال (۱۹۷۶، AACC) و با استفاده از هضم کننده بوخی^۱ ۴۲۵ و واحد تقطیر بوخی ۳۱۵.

تعیین گلوکزینولات کل طبق روش وتر و یانگ (۱۹۷۶) شامل: توزین ۱۰۰ میلی گرم نمونه در یک ویال ۴ میلی لیتری مجهز به درب پیچشی تفلون دار؛ افزودن یک میلی لیتر بافر سیترات- فسفات (pH ۷/۵) حاوی ۳ میلی گرم آنزیم مایروزیناز^۲ و دقیقاً ۲/۵ میلی لیتر کلرید متیلن؛ قرار دادن ویال درب دار حاوی مواد بالا به علاوه یک ساچمه شیشه ای در یک لرزاننده نوسانی به مدت ۲ ساعت و در درجه حرارت اتاق؛ سانتریفوژ، گرم × ۱۰۰۰، در درجه حرارت اتاق و برای مدت ۳۰؛ افزودن ۵۰ میکرو لیتر از عصاره کلرید متیلن به ۳ میلی لیتر اتانول آبی ۲۰ درصد در داخل لوله کشت؛ حرارت دهی به مدت ۲ ساعت در حمام آب ۵۰ درجه سانتی گراد؛ سرد کردن و تعیین دانسیته نوری (OD) در ۲۳۵، ۲۴۵ و ۲۵۵ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر^۳. تهیه شاهد با افزودن ۵۰ میکرو لیتر کلرید متیلن به ۳ میلی لیتر اتانول آمونیاکی ۲۰ درصد. میزان ایزوتیوسیانات کل بر حسب میلی گرم ۳- بوتیل ایزوتیوسیانات در گرم و اگزازولیدین-۲- تیون کل بر حسب میلی گرم ۵-وینیل اگزازولیدین-۲- تیون در گرم تعیین و مجموع آنها به صورت رابطه های ۱، ۲ و ۳ گلوکزینولات کل گزارش شد.

$$\text{رابطه (۱): } OD_{245} \times -0/5 \times (OD_{235} + OD_{255}) = OD_{245} \times \text{میلی گرم } 3 - \text{بوتیل}$$

رابطه (۲): $OD_{245} \times [28/55] = \text{میلی گرم } 3 - \text{بوتیل}$
 ایزوتیوسیانات در گرم نمونه

1-Büchi
 2-Myrosinase (Thioglucoside glucohydrolase)
 3-UV visible Spectrophotometer, Cary 50 bio, VARIAN

(کوانتوم، پی.اف و هایولا)، دو سطح نمونه (کنجاله و آرد)، دوسطح روش استخراج روغن (هگزانی و دو فازی) و در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P < 0/05$) انجام گرفت.

نتایج و بحث

مقادیر برخی از ترکیبات شیمیایی نمونه‌های هگزانی و دو فازی در جدول ۱ نشان داده شده است. روش استخراج دوفازی موجب افزایش میزان اسید فیتیک (۶/۲-۳/۵ درصد) شد (جدول ۱). پروتئین کنجاله‌های دوفازی تهیه شده از ارقام مورد مطالعه کوانتوم، پی.اف و هایولا به ترتیب افزایش معادل ۱۲/۴، ۱۲/۴ و ۱۲/۳ درصد و آردهای دوفازی به ترتیب افزایش معادل ۱۰/۳، ۸/۵ و ۱۰/۹ درصد نشان داد.

افزایش میزان پروتئین به دلیل حل شدن دیگر مواد جامد محلول دانه شامل کربوهیدرات‌ها، فسفولپیدها و سایر ترکیبات غیر پروتئینی در فاز متانول می‌باشد (دیوشدی و همکاران، ۱۹۸۵). نتایج نشان داد (جدول ۱) که کنجاله‌های آزمایشگاهی، اساساً حاوی بوتنیل ایزوتیوسیانات و به مقدار کمی از ترکیب گویتروژن اگزازولیدین تیون می‌باشند. نتایج بدست آمده گزارش‌های دیوشدی و همکاران (۱۹۸۵) را تصدیق نمود. گلوکزینولات نمونه‌های دوفازی بین ۴ درصد (آرد هایولا) تا ۶۰/۸ درصد (کنجاله کوانتوم) کاهش داشت (جدول ۱)، که با نتایج محققین دیگر (دیوشدی و همکاران، ۱۹۸۵) شامل بازیافت گلوکزینولات به میزان ۸۰ درصد بوسیله متانول ۹۵ درصد در آب، و ۵۵ درصد بوسیله متانول، هم خوانی دارد.

رقم، پوست گیری و روش استخراج روغن تأثیر معنی‌دار ($P < 0/01$) بر میزان پروتئین ($N \times 6/25$)، گلوکزینولات و اسید فیتیک محتوی نمونه‌ها داشتند (جدول‌های ۲ و ۳).

(20*P) در گرم $2000 \times$ به مدت ۱۵ دقیقه؛ تخلیه کامل محلول رویی و وارونه قرار دادن لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه و در نهایت محاسبه جذب آب بر حسب درصد افزایش وزن نمونه.

میزان جذب روغن کنجاله بوسیله تلفیق روش دف و همکاران (۱۹۸۶) و شامل: تهیه دیسپرسیونی از ۲ گرم نمونه در ۱۲ میلی‌لیتر روغن کانولای تصفیه، رنگبری و بوگیری شده در یک لوله سانتیفریژ ۵۰ میلی‌لیتری؛ همزنی محتویات لوله‌ها هر ۵ دقیقه به مدت ۳۰ ثانیه؛ سانتیفریژ در گرم $1600 \times$ به مدت ۲۵ دقیقه و در نهایت تخلیه روغن آزاد و محاسبه درصد روغن جذب شده از روی اختلاف وزن.

تعیین فعالیت امولسیون کنندگی بوسیله روش ناچک و همکاران (۱۹۸۵) و شامل: تهیه دیسپرسیونی از ۳/۵ گرم نمونه در ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر و هموژن کردن به مدت ۳۰ ثانیه؛ افزودن ۲۵ میلی‌لیتر روغن کانولا و هموژن مجدد مخلوط به مدت ۳۰ ثانیه؛ یکبار دیگر افزودن ۲۵ میلی‌لیتر روغن کانولا و هموژن کردن به مدت ۹۰ ثانیه؛ تقسیم امولسیون به نسبت مساوی در دو لوله سانتیفریژ ۵۰ میلی‌لیتری و سانتیفریژ در گرم $1100 \times$ به مدت ۵ دقیقه و محاسبه فعالیت امولسیون کنندگی از طریق تقسیم حجم لایه امولسیونه بر حجم امولسیون قبل از سانتیفریژ. تعیین پایداری امولسیون شامل: حرارت‌دهی امولسیون به مدت ۱۵ دقیقه در ۸۵ درجه سانتی‌گراد، سردکردن و محاسبه برحسب درصد فعالیت امولسیون‌کنندگی باقیمانده پس از حرارت‌دهی.

ظرفیت کف‌زایی و پایداری کف با استفاده از روش لین و همکاران (۱۹۷۴). محاسبه ظرفیت کف‌زایی بر حسب درصد افزایش حجم دیسپرسیون ۳ درصدی نمونه در آب مقطر پس از هموژنیزاسیون. پایداری کف بر حسب مدت زمانی که حجم کف به ۵۰ درصد حجم اولیه برسد، که در فواصل زمانی ۰/۵، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در آزمایش‌ها فاکتوریل $3 \times 2 \times 2$ در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح رقم

جدول ۱- ترکیب شیمیایی کنجاله و آردهای هگزانی و دوفازی تهیه شده از ارقام کانولا.

نمونه	پروتئین (N × ۷۲۵)	گلوکزینولات (میلی گرم بر گرم کنجاله)		اسید فیتیک	گلوکزینولات کل	اسید فیتیک
		۱VOT	۲ 3-BITC			
کنجاله هگزانی						
کوانتوم	۴۲/۱ ± ۱/۱ ^h	۰/۲۳	۰/۵۱	۰/۷۴ ^b	۲/۹۱ ± ۰/۰۸ ^{de}	
پی. اف	۴۲/۸ ± ۰/۷۰ ^{gh}	۰/۱۰	۰/۲۲	۰/۳۲ ^e	۲/۸۴ ± ۰/۱۵ ^c	
هایولا	۳۸/۹ ± ۰/۵۰ ⁱ	۰/۴۵	۰/۸۴	۱/۲۹ ^a	۳/۰۲ ± ۰/۱۴ ^{de}	
کنجاله دوفازی						
کوانتوم	۴۷/۳ ± ۰/۶۰ ^{de}	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۳۳ ^c	۳/۰۹ ± ۰/۰۴ ^d	
پی. اف	۴۸/۱ ± ۰/۷۰ ^d	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۲۲ ^f	۲/۹۴ ± ۰/۱۱ ^{de}	
هایولا	۴۳/۷ ± ۰/۵۰ ^{fg}	۰/۱۹	۰/۴۲	۰/۶۱ ^c	۳/۰۴ ± ۰/۰۳ ^{de}	
آرد هگزانی						
کوانتوم	۴۶/۴ ± ۰/۹۰ ^e	۰/۰۷	۰/۱۷	۰/۲۴ ^{ef}	۳/۴۸ ± ۰/۱۳ ^{bc}	
پی. اف	۵۲/۰ ± ۰/۳۱ ^b	۰/۳۸	۰/۱۱	۰/۴۹ ^d	۳/۳۷ ± ۰/۳۲ ^c	
هایولا	۴۴/۹ ± ۱/۵۳ ^f	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۲۰ ^f	۳/۶۶ ± ۰/۲۴ ^b	
آرد دوفازی						
کوانتوم	۵۱/۲ ± ۰/۴۰ ^b	N/D	۰/۰۶	N/D	۳/۶۷ ± ۰/۱۶ ^{ab}	
پی. اف	۵۶/۴ ± ۰/۵۰ ^a	۰/۱۸	N/D	N/D	۳/۵۳ ± ۰/۱۱ ^{bc}	
هایولا	۴۹/۸ ± ۱/۲۱ ^c	۰/۰۲	N/D	N/D	۳/۸۴ ± ۰/۱۹ ^a	

ا: نتایج عبارت است از: میانگین ۳ تکرار ± SD؛ ۱: ۵- وینیل اگرازولیدین-۲- تیون؛ ۲: ۳- بوتنیل ایزوتیوسیانات. N/D: تشخیص داده نشده است؛ از نظر آماری، اختلاف معنی داری بین میانگین‌های با حروف یکسان وجود ندارد (آزمون دانکن، P < ۰/۰۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای مختلف روی خصوصیات نمونه‌های آزمایشگاهی.

منابع تغییر	پروتئین	گلوکزینولات	اسید فیتیک	PDI	NSI	W.A	F.A	E.A	WHIPP
رقم	۹۴/۰۷۶ [†]	۰/۲۵۹ [†]	۰/۱۳۹ ^{**}	۶۸/۹۴۸ [†]	۱۱/۶۳۵ [†]	۱۴۴/۳۶۱ ^{ns}	۹۱۷۵/۰۵۴ [†]	۱۱/۴۵۴ ^{ns}	۳۷۵/۸۶۱ [†]
پوست‌گیری	۳۵۲/۸۱۴ [†]	۰/۹۲۶ [†]	۳/۳۸۶ [†]	۲۴۳/۳۶۰ [†]	۱۰۸/۱۶۰ [†]	۶۴۴۳۹/۸۲۰ [†]	۴۸۸۸۳۴۰ [†]	۲۰۴/۰۱۴ [†]	۴۲۰/۲۵۰ [†]
روش استخراج	۲۲۰/۵۲۳ [†]	۰/۶۴۲ [†]	۰/۱۶۸ [†]	۴۸۶۲/۷۳ [†]	۱۰۱۵/۴۸۴ [†]	۶۷۸/۶۰۲ [†]	۶۱۵۴/۴۰۳ [†]	۱/۹۱۴ ^{ns}	۳۵۴/۶۹۴ [†]
رقم × پوست‌گیری	۱۶۷/۴۴ [†]	۰/۵۱۱ [†]	۰/۰۱۳ ^{ns}	۳/۳۶۳ ^{ns}	۱/۰۵۱ ^{ns}	۵۴۴۰/۴۲۴ [†]	۶۱۲۸/۲۷۴ [†]	۱۲/۲۵۲ [*]	۱۵۲۱/۵۸۳ [†]
رقم × روش استخراج	۰/۰۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{**}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۱۸/۱۵۴ [†]	۵/۲۷۷ [†]	۰/۸۲۳ ^{ns}	۲۰۳/۲۹۳ ^{ns}	۴/۶۳۹ ^{ns}	۱۳۱۲/۱۹۴ [†]
پوست‌گیری × روش استخراج	۰/۲۰۳ ^{ns}	۰/۲۳۵ [†]	۰/۰۱۷ ^{ns}	۴۷/۱۵۱ [†]	۱۳/۲۰۱ [†]	۶۳/۲۰۳ ^{ns}	۱۸۳۴۷ ^{ns}	۲/۹۴۷ ^{ns}	۹۶/۶۹۴ [*]
رقم × پوست‌گیری × روش استخراج	۰/۲۶۱ ^{ns}	۰/۱۱۶ [†]	۰/۰۱۳ ^{ns}	۰/۳۴۱ ^{ns}	۵/۸۴۴ [†]	۷۱/۷۰۳ ^{ns}	۵/۱۹۱ ^{ns}	۰/۹۷۰ ^{ns}	۱۳۴/۳۶۱ [†]
ضریب تغییرات (%)	۱/۶۵	۶/۱۴	۳/۴۷	۴/۴۷	۲/۵۶	۲/۳۴	۲/۳۴	۳/۱۰	۳/۱۴

* معنی دار در سطح ۵ درصد؛ ** معنی دار در سطح ۱ درصد؛ ns معنی دار نمی‌باشد؛ † بسیار معنی دار. ۱- شاخص دیسپرس پروتئین، ۲- شاخص حلالیت نیتروژن، ۳- جذب آب، ۴- جذب روغن، ۵- فعالیت امولسیون کنندگی، ۶- ظرفیت کف‌زایی.

جدول ۳- مقایسه میانگین (آزمون دانکن P < ۰/۰۵) خصوصیات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر رقم کانولا.

رقم	پروتئین	گلوکزینولات	اسید فیتیک	PDI	NSI	F.A	E.S	WHIPP
کوانتوم	۴۶/۷۸ ^b	۰/۳۸۰ ^b	۲/۲۹۳ ^a	۳۷/۰۵ ^b	۲۳/۶۹ ^b	۲۴۸/۹ ^c	۹۹/۷۰ ^b	۱۴۴/۰ ^b
پی. اف	۴۹/۸۴ ^a	۰/۳۱۹ ^c	۳/۱۷۳ ^b	۴۰/۵۷ ^a	۲۵/۲۲ ^a	۲۷۲/۱ ^b	۹۹/۶۹ ^b	۱۵۳/۳ ^a
هایولا	۴۴/۲۵ ^c	۰/۵۹۹ ^a	۳/۳۸۸ ^a	۳۶/۹۲ ^b	۲۳/۳۸ ^b	۳۰۴/۰ ^a	۱۰۲/۴ ^a	۱۴۳/۲ ^b

از نظر آماری، اختلاف معنی داری بین میانگین‌های با حروف یکسان وجود ندارد (آزمون دانکن، P < ۰/۰۵).

و روش استخراج روغن معنی‌دار ($P < 0/01$) نبود (جدول ۲). فعالیت امولسیون‌کنندگی نمونه‌های آزمایشگاهی بالاتر از ۵۵ درصد و به خوبی قابل مقایسه با کنجاله سویا بود. تأثیر حرارت روی فعالیت امولسیون‌کنندگی معنی‌دار ($P < 0/01$) نبود.

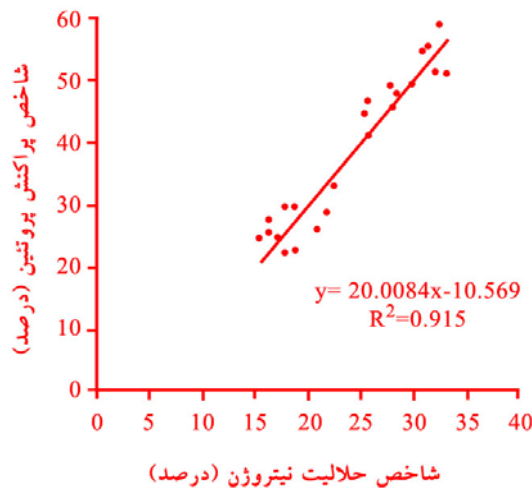
واریته، پوست‌گیری و روش استخراج روغن تأثیر بسیار معنی‌دار ($P < 0/01$) روی PDI و NSI داشتند (جدول ۲)، چنان‌که میانگین کاهش PDI کنجاله و آردهای دوفازی به ترتیب ۴۷ و ۴۸ درصد بود (جدول ۴). NSI نمونه‌های هگزانی بیشتر از دوفازی و برای هر دو بیشتر از کنجاله سویا بود. متانول با آب‌زدایی موجب تسریع تشکیل رسوب غیر محلول پروتئینی در آب می‌گردد (ناچک و همکاران، ۱۹۸۵). در این تحقیق رابطه خطی بین PDI و NSI با ضریب همبستگی $r = 0/96$ بدست آمد (شکل ۱). در مطالعه دیگر ضریب همبستگی $r = 0/99$ گزارش شده است (ژو و دیوشدی، ۱۹۹۴).

خصوصیات عملکردی نمونه‌های آزمایشگاهی در جدول ۴ نشان داده شده است. تغییرات pH دیسپرسیون ۱۰ درصد نمونه در آب مقطر در دامنه محدودی (۶/۳۵-۵/۹۱) قرار داشت و H نمونه‌های دو فازی کمی بالاتر بود. نتایج این تحقیق نشان دهنده عدم معنی‌داری ($P < 0/01$) تأثیر واریته روی جذب آب نمونه‌ها بود (جدول‌های ۲ و ۳). نتایج این تحقیق در مورد میزان جذب آب (جدول ۴) با نتایج محققین دیگر در مورد برخی ارقام (تاور و ریجنت، *B.napus*) هم‌خوانی (دیوشدی و همکاران، ۱۹۸۵؛ ناچک و همکاران، ۱۹۸۵) ولی در مواردی دیگر (کاندل *B. rapa*، آلتکس *B.napus*) که با اعمال روش دوفازی کاهش جذب آب نشان می‌دهند (ناچک و همکاران، ۱۹۸۵)، مغایرت داشت. بر خلاف پوست‌گیری که موجب افزایش معنی‌دار ($P < 0/01$) خصوصیات امولسیون‌کنندگی شد، تأثیر رقم

جدول ۴- خصوصیات عملکردی کنجاله و آردهای هگزانی و دوفازی تهیه شده از ارقام کانولا^a.

نمونه	pH	شاخص پراکنش پروتئین (درصد)	شاخص حلالیت نیتروژن (درصد)	جذب آب (درصد) ^c	جذب روغن (درصد) ^c	فعالیت امولسیون‌کنندگی (درصد)	پایداری امولسیون (درصد)
کنجاله هگزانی							
کوانتوم	۶/۰۳	۴۲/۷ ^e	۲۵/۷ ^c	۲۹۳/۳ ^d	۲۷۶/۷ ^{de}	۵۶/۷ ^{cd}	۱۰۲/۱ ^{bcd}
پی.اف	۵/۹۱	۴۸/۰ ^{cd}	۲۸/۴ ^b	۳۳۵/۹ ^a	۲۶۵/۵ ^e	۶۰/۹ ^{abc}	۹۷/۸ ^{ef}
هایولا	۵/۹۳	۴۶/۴ ^d	۲۷/۱ ^{bc}	۳۰۸/۳ ^{bc}	۲۸۰/۷ ^{cd}	۵۷/۵ ^{cd}	۱۰۶/۱ ^a
کنجاله دوفازی							
کوانتوم	۶/۲۴	۲۳/۹ ^{hi}	۱۷/۸ ^{ef}	۲۹۶/۹ ^{cd}	۲۹۳/۷ ^c	۵۷/۱ ^{cd}	۹۹/۶ ^{cd}
پی.اف	۶/۲۵	۲۷/۰ ^{gh}	۱۸/۲ ^{ef}	۳۴۷/۰ ^a	۲۹۲/۱ ^c	۵۹/۳ ^{bc}	۱۰۳/۲ ^{abc}
هایولا	۶/۲۸	۲۳/۴ ⁱ	۱۶/۹ ^f	۳۱۱/۷ ^b	۳۱۱/۲ ^b	۵۵/۵ ^d	۱۰۴/۳ ^{ab}
آرد هگزانی							
کوانتوم	۵/۹۸	۵۰/۱ ^{bc}	۳۱/۶ ^a	۲۴۳/۷ ^{ef}	۲۰۴/۱ ^h	۶۱/۹ ^{ab}	۹۸/۹ ^{def}
پی.اف	۵/۹۶	۵۶/۶ ^a	۳۱/۸ ^a	۲۰۹/۶ ^g	۲۴۹/۹ ^f	۶۳/۳ ^{ab}	۱۰۱/۵ ^{abcd}
هایولا	۶/۰۲	۵۳/۰ ^b	۳۱/۸ ^a	۲۲۲/۳ ^g	۲۹۴/۶ ^c	۶۲/۴ ^{ab}	۹۷/۴ ^f
آرد دوفازی							
کوانتوم	۶/۳۱	۲۷/۵ ^g	۱۹/۶ ^c	۲۵۷/۷ ^c	۲۲۰/۹ ^g	۶۳/۴ ^a	۹۸/۲ ^{ef}
پی.اف	۶/۳۵	۳۰/۶ ^f	۲۲/۴ ^d	۲۱۴/۸ ^g	۲۸۱/۲ ^{cd}	۶۱/۸ ^{ab}	۹۶/۲ ^f
هایولا	۶/۲۱	۲۴/۹ ^{ghi}	۱۷/۷ ^{ef}	۲۳۷/۲ ^f	۳۲۹/۳ ^a	۶۲/۷ ^{ab}	۱۰۱/۷ ^{bcde}
کنجاله سویا ^b	۶/۶۰	۳۶/۴	۱۶/۳	۳۱۱/۲	۱۰۵	۴۱/۶	۱۰۳

^a: نتایج عبارت است از: میانگین \pm SD؛ ^b: منبع (ناچک و همکاران، ۱۹۸۵)؛ ^c: بر حسب درصد افزایش وزن نمونه؛ از نظر آماری، اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های با حروف یکسان وجود ندارد (آزمون دانکن، $P < 0/01$).



شکل ۲- رابطه بین شاخص دیسپرس پروتئین و شاخص حلالیت نیتروژن.

(پی.اف) و آرد دوفازی ۶۰ دقیقه (کوانتوم) و ۱۲۰ دقیقه (پی.اف و هایولا) بود (جدول ۵). پایداری کف کنجاله و آردهای هگزانی از کنجاله سویا (۱۲۰ دقیقه) کمتر و پایداری کف کنجاله‌های دوفازی (بین ۶۰-۱۲۰ دقیقه) بیشتر از کنجاله‌های هگزانی (بین ۴۰-۲۰ دقیقه) بود (جدول ۵). در تحقیق دیگری (دف و همکاران، ۱۹۸۶) نشان داده شده است که تمایز محصولات پروتئینی کلزا/کانولا نست سویا به دلیل خصوصیات کف‌زایی مطلوب‌تر است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق نمونه‌های آرد (دانه فاقد پوسته و روغن‌کشی شده) تهیه شده از ارقام مورد بررسی، پتانسیل استفاده در مصارف انسانی را دارند و می‌توان از آنها به عنوان اتصال‌دهنده و حجم‌دهنده در صنایع گوشت استفاده کرد.

نمونه‌های تهیه شده از رقم هایولا جذب روغن بیشتری (با اختلاف معنی‌دار، $P < 0.01$) نشان دادند (جدول‌های ۲ و ۳) و افزایش معنی‌دار ($P < 0.01$) حدود ۱۰-۱۵ درصد در میزان جذب روغن نمونه‌های دوفازی مشاهده شد (جدول ۴). این افزایش که در مطالعات دیگر (تژنگ و همکاران، ۱۹۹۰) تا ۷۴ درصد گزارش شده می‌تواند بوسیله حضور غلظت‌های بالایی از گروه‌های آب‌گریز روی سطح مولکول‌های پروتئین که تمایل به روغن دارند، توجیه گردد (وتسیناس و ناکائی، ۱۹۸۳). تأثیر پوست‌گیری روی جذب روغن نمونه‌های آزمایشگاهی معنی‌دار ($P < 0.01$) بود (جدول ۲).

ظرفیت کف‌زایی نمونه‌ها تحت تأثیر معنی‌دار ($P < 0.01$) پوست‌گیری و روش استخراج روغن بود (جدول‌های ۲ و ۵) و آردهای دوفازی کاهش در میزان ظرفیت کف‌زایی (۱۷/۶-۰ درصد) نسبت به آردهای هگزانی نشان دادند (جدول ۴). پایداری کف کنجاله‌های هگزانی ۲۰ دقیقه، کنجاله‌های دوفازی ۱۲۰ دقیقه، آرد هگزانی ۲۰ دقیقه (ارقام کوانتوم و هایولا) و ۴۰ دقیقه

جدول ۵- خصوصیات کف‌زایی کنجاله و آردهای هگزانی و دوفازی تهیه شده از ارقام کانولا.

نمونه	ظرفیت کف‌زایی (درصد)	پایداری کف (میلی لیتر) ^b				
		°۱۲۰	°۶۰	°۴۰	°۲۰	°۰/۵
کنجاله هگزانی						
کوانتوم	۱۷۰ ^a	۲۱۸	۹۲	۸۵	۸۲	۷۸
پی.اف	۱۳۳ ^d	۲۵۶	۱۱۸	۱۱۳	۱۰۶	۱۰۱
هایولا	۱۲۸ ^{de}	۱۴۶	۵۳	۴۷	۴۶	۲۷
کنجاله دوفازی						
کوانتوم	۱۳۶ ^d	۱۰۶	۸۱	۶۵	۶۳	۶۳
پی.اف	۱۵۵ ^{bc}	۲۰۸	۱۴۷	۱۴۰	۱۳۰	۱۱۸
هایولا	۱۳۴ ^d	۱۵۲	۱۲۰	۱۱۴	۱۱۲	۹۰
آرد هگزانی						
کوانتوم	۱۴۸ ^c	۲۵۷	۱۲۸	۱۱۷	۱۱۲	۱۱۰
پی.اف	۱۶۱ ^{ab}	۳۵۷	۲۰۳	۱۸۷	۱۷۲	۱۶۵
هایولا	۱۵۷ ^{bc}	۲۱۸	۱۰۶	۹۸	۹۵	۹۲
آرد دوفازی						
کوانتوم	۱۲۳ ^c	۱۰۷	۷۱	۶۰	۴۹	۴۴
پی.اف	۱۶۱ ^{ab}	۲۴۴	۱۶۷	۱۶۰	۱۵۷	۱۴۶
هایولا	۱۵۴ ^{bc}	۲۱۹	۱۶۱	۱۵۰	۱۳۹	۱۳۳
کنجاله سویا ^c	۸۰	۲۰۳	۱۶۶	۱۵۰	۱۳۹	۸۸

a: درصد افزایش حجم کف؛ b: بر حسب مدت زمانی که حجم کف به ۵۰ درصد حجم اولیه برسد؛ c: منبع (ناچک و همکاران، ۱۹۸۵)؛ C: دقیقه.

منابع

- ۱.خلیلی، الف ۱۳۸۲. صادرات روغن نباتی و موانع موجود. صنعت روغن نباتی، شماره ۱۱، ص. ۲.
- ۲.قدس‌ولی، ع.، وثوقی، م.، حداد خداپرست، م.ح. و شهیدی، ف.، ۱۳۸۴. بهینه‌سازی تولید ایزوله پروتئینی رسوبی از کنجاله‌های هگزانی و دوفازی کانولا. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۲، شماره ۱، ۱-۱۳.
- 3.AACC., 1976. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN.
- 4.Bell, J.M., 1995. Meal and By-product Utilization in Animal Nutrition. In D. Kimber, and D.I. McGregor, Brassica oilseeds: Production and Utilization (Ed) (301-337). CAB International. UK.
- 5.Dev, D.K., and Mukherjee, K.D., 1986. Functional properties of rapeseed protein products with varying phytic acid contents. J. Agric. Food Chem. 34, 775-780.
- 6.Diosady, L.L., Tzeng, Y.M., and Rubin, L.J., 1984. Preparation of rapeseed protein concentrates and isolates using ultrafiltration. J. Food. Sci. 49, 768.
- 7.Diosady, L.L., Nacz, M., and Rubino, L.J., 1985. The effect of ammonia concentration on the Properties of the canola Meals Produced by ammonia-methanol/hexane. Food Chem., 18: 121-130.
- 8.El Nockrashy, A.S., Mukherjee, K.D., and Mangold, H.K., 1977. Rapeseed protein isolates by countercurrent extraction and isoelectric precipitation. J. Agric. Food Chem. 25, 193-197.
- 9.Febles, C.I., Arias, A., Hardisson, C., Rodriguez, A., and Sierra, A., 2001. Phytic acid level in infant flour. Food. Chem. 74, 437-441.
- 10.Fenwick, G.R., Heaney, R.K., and Mullin, W.J., 1982. Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. CRC Critical Reviews in food Science and Nutrition 18, 123-201.
- 11.Gillberg, L., and Törnell, B., 1976. Preparation of rapeseed protein isolates: Dissolution and precipitation behavior of rapeseed proteins. J. Food Sci. 41, 1063-1069.
- 12.Ghodsvali, A., Haddad Khodaparast, M. H., Vosoughi, M., and Diosady, L.L., 2005. Preparation of

- canola protein materials using membrane technology and evaluation of meals functional properties. *Food Research International*. 38, 223-231.
13. Horwitz, W., and Latimer, G.W., 2005. *Official Methods of Analyses*. 18 edn; Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg Maryland, USA.
 14. Lin, M. J-Y., Humbert, E.S., and Sosulski, F.W., 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.* 39, 368.
 15. Ma, C-Y., 1988. Update of vegetable protein production and utilization. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 21, 5, 461-463.
 16. Maheshwari, P.N., Stanley D.W., and Gray, J.I., 1981. Detoxification of Rapeseed Products. *J. Food Prot.* 44, 459.
 17. Naczek, M., Diosady, L.L., and Rubin, L.J., 1985. Functional properties of canola meals produced by a two- phase solvent extraction system. *J. Food Sci.* 50, 1685-1692.
 18. Rubin, L.J., Diosady, L.L., Naczek, M., and Halfani, M., 1986. The Alkanol-Ammonia-Water/Hexane Treatment of Canola. *J. Inst. Can. Sci. Technol.* 19, 57-61.
 19. Sarwar, G.R., Blair, R., Friedman, M., Gumbmann, M.R., Hackler, L. R., Pellet, P.L., and Smith, T.K., 1984. Inter- and intra- laboratory variability in rat growth assays for estimating protein quality of foods. *Assoc. Official Anal. Chem.* 67, 976.
 20. Schlingmann, M., and Lipinski, G.W., 1982. Process for Improving the Properties of Meals and Flours of Oily Seeds. Canadian Patent No. 1, 120, 779.
 21. Thompson, L.U., Reyes, E.R. and Jones, J.D., 1982. Modification of the sodium hexametaphosphate extraction technique of rapeseed protein concentrate preparation. *J. Food sci.* 47:982-988.
 22. Tzeng, Y-M., Diosady, L.L., and Rubin, L.J., 1988. Preparation of rapeseed protein isolate by sodium hexametaphosphate extraction, Ultrafiltration, Diafiltration, and Ion- exchange. *J. Food Sci.* 53, 1537.
 23. Tzeng, Y-M., Diosady, L.L., and Rubin, L.J., 1990. Production of canola protein materials by alkaline extraction, precipitation, and membrane processing. *J. Food Sci.* 55, 1147-1156.
 24. USDA., 2004. *Official Statistics*. Foreign Agricultural Service, Cotton, Oilseeds, and Seeds Division.
 25. Voutsinas, L.P., and Nakai, S., 1983. A simple turbidimetric method for determining the fat binding capacity. *J. Agric. Food chem.* 31:58.
 26. Wetter, C.R., and Youngs, C.G., 1976. A thiourea U.V assay for total glucosinolate content in rapeseed meals. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 53, 162-165.
 27. XU, L., and Diosady, L.L., 1994. Functional properties of Chinese rapeseed protein isolate. *J. Food Sci.* 59(5): 1127-1130.
 28. Xu, L., and Diosady, L.L., 2000. Interaction between canola proteins and phenolic compounds in aqueous media. *Food Research International*. 33, 725-731.

Evaluation of functional properties of hexane and two-phase-extracted meals from three canola varieties

A. Ghodsvali¹, M.H. Haddad Khodaparast² and M. Vosoughi³

¹Dept. of Agricultural engineering, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, Gorgan,

²Dept. of Food Science and Technology, Ferdowsi University, Mashhad,

³Dept. of Chemical and Petroleum engineering, Sharif University, Tehran, Iran

Abstract

Two methods were applied to prepare meals from whole and dehulled seeds of three Canola varieties (Quantum, P.F 7045/91, and Hyolla 401). Hexane-Extracted meals and Two-phase solvent extraction (Methanol-Water/Hexane) meals. The effect of variety, dehulling and oil extraction method on the protein, glucosinolate and phytic acid was significant ($P < 0.01$), reasonably, and the protein content of two-phase samples was higher (8.9-12.4 %) than hexane-extracted samples. The results showed a reduction between 4.0-60.8% in glucosinolate content of two-phase samples. Some functional properties (Protein dispersibility Index (PDI), Nitrogen solubility Index (NSI), Water and Fat absorption, Emulsifying properties, Whippability and Foam stability) of Hexane-Extracted and methanol-water/hexane-extracted meals were determined. Variety, dehulling and oil extraction method had reasonably significant effect ($P < 0.01$) on PDI and NSI of all meals examined, so the average reduction in PDI of two-phase meals and flours was 47% and 48%, respectively. A linear relationship between PDI and NSI of meals with a high correlation coefficient ($r = 0.96$) was found. Water absorption of laboratory samples exceeded 200% which compares favorably with that of soybean meal. Fat absorption of methanol-water/hexane-extracted meals was about 10 percent higher than that of Hexane-extracted meals. Oil extraction method and variety had no significant effect ($P < 0.05$) on meals emulsifying activity. The effect of heating on the emulsifying activity was not significant ($p < 0.05$). Our results showed variety, dehulling and oil extraction method had reasonably significant effect ($P < 0.01$) on the samples whippability. The foam stability of two-phase samples (60-120 min) was higher than single-phase samples (20-40 min). The flour samples obtained from three Canola varieties would be suitable for incorporation into foods as binder or extender in meat industries.

Keywords: Rapeseed/Canola; Canola meal; Functional properties; Two-phase solvent extraction