



## امکان سنجی صمغ گیری و خنثی سازی روغن خام کانولا با استفاده از غشای پلی وینیلیدین فلوئوراید

مریم رشیدیان<sup>۱</sup>، مریم قراچورلو<sup>۲</sup>، منوچهر بهمنی<sup>۳</sup>، مهرداد قوامی<sup>۴</sup>، حسین میرسعید قاضی<sup>۵</sup>

۱- دانش آموخته دکترای علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دانشیار گروه شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۵- دانشیار گروه فناوری صنایع غذایی، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	در این پژوهش امکان‌سنجی صمغ‌گیری و خنثی‌سازی روغن خام کانولا با استفاده از فرایند غشایی بررسی شده است. میسلای روغن خام کانولا با استفاده از حلال هگزان به نسبت‌های ۲۰:۸۰ و ۳۰:۷۰ تهیه و جهت صمغ‌گیری و پس از افزودن ۰/۳٪ اسیدفسفریک ۰/۸۵٪ تحت سطوح فشار ۲، ۳ و ۴ بار و سرعت جریان در ۰/۵ و ۱/۰ m/s از غشا عبور داده شد؛ در مرحله خنثی‌سازی نیز پس از افزودن محلول آبی سود NaOH در دو غلظت ۱۰٪ و ۳۰٪ تحت شرایط قبل و همچنین سطوح دمایی ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتیگراد از غشا عبور داده شد. مطابق نتایج در میسلای ۲۰:۸۰، با گذشت زمان شار تراوه به تدریج کاهش یافته و پس از ۲۰ دقیقه به حالت پایا رسید؛ بررسی اثر توام دما و فشار بر میزان شار تراوه در مرحله خنثی‌سازی و در شرایط تعادلی آشکار ساخت که بیشترین شار مربوط به شرایط ۴۰°C <sup>0</sup> و ۴ bar و ۱/۰ m/s می‌باشد؛ همچنین در میسلای ۳۰:۷۰ نیز بیشترین شار مربوط به شرایط ۵۰°C <sup>0</sup> و ۲ bar و ۱/۰ m/s بود. نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی نیز آشکار ساخت که اختلاف معنی داری میان میزان فسفر و فسفاتیدها در هر دو روش فیلتراسیون غشایی و تصفیه سنتی مشاهده نشد (p<۰/۰۱)؛ اما کاهش اسیدیته در روش فیلتراسیون غشایی نسبت به روش تصفیه کلاسیک، به طرز معنی داری بیشتر بود (p<۰/۰۱). کاهش اندیس پراکسید نیز در روش تصفیه کلاسیک نسبت به روش فیلتراسیون غشایی، به طرز معنی داری بیشتر بود (p<۰/۰۱). از لحاظ رنگ نیز نتایج نشان داد که روش فیلتراسیون غشایی قادر به کاهش رنگ زرد در روغن خام نبود در حالی که روش تصفیه کلاسیک، به طرز معنی داری رنگ زرد را کاهش داد (p<۰/۰۱). شاخص رنگ قرمز در روش تصفیه کلاسیک نیز، کاهش معنی داری نسبت به روش غشایی داشت (p<۰/۰۱).
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۱۱	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۳۰	
کلمات کلیدی:	
روغن کانولا، غشاء، تصفیه، شار تراوه، فسفاتیدها، اسیدیته، رنگ	
DOI:10.22034/FSCT.21.156.167.	
* مسئول مکاتبات: M_Gharachorlo@srbiau.ac.ir	

## ۱- مقدمه

مطالب بالا نشان می دهد که تکنولوژی غشایی، پتانسیل بالایی در زمینه فرآوری و تصفیه روغن های خوراکی دارد. با عنایت به روند رو به رشد تولید انواع غشاهای مقاوم در برابر شرایط عملیاتی و مواد شیمیایی مختلف، و افزایش کاربرد این فناوری نوین در صنایع مختلف، تعیین بهترین شرایط انجام فرآیند غشایی جهت حذف صمغ ها و ترکیبات صابونی، باعث صرفه جویی ارزشمند در مصرف انرژی می شود و به مقدار زیادی ارزش تغذیه ای روغن های خوراکی حفظ می شود. بنابراین در این پژوهش به امکان سنجی صمغ گیری و خنثی سازی روغن خام کانولا با استفاده از غشای پلی وینیلیدین فلوراید پرداخته شد.

## ۲- مواد و روش ها

برای انجام آزمایشات روغن خام کانولا از مجتمع کشت و صنعت ماهیدشت کرمانشاه (روغن خوراکی نازگل) فراهم شد. غشاء مورد استفاده یک غشاء ریزپالایش از جنس پلی وینیلیدین فلوراید<sup>۶</sup> (PVDF) ساخت کشور امریکا با اندازه منفذ ۰/۲۲ میکرومتر و مساحت فعال ۱۰۹ سانتی متر مربع در حالت جریان غیر مداوم بود. سیستم مورد استفاده شامل یک تانک تغذیه، پمپ سانتریفوژی، فشارسنج، مبدل حرارتی، غشا، اینورتر و شیر کنترل جریان است. در تمام مراحل تصفیه غشایی روغن کانولا از حلال هگزان (سالار شیمی، ایران) استفاده شد که به صورت میسلا (۸۰٪ روغن + ۲۰٪ هگزان) (۷۰٪ روغن + ۳۰٪ هگزان) بود.

۲-۱- روش عملیات غشایی در صمغ گیری و خنثی سازی  
برای انجام عملیات ریزپالایش، ابتدا میسلای روغن کلزای خام با نسبت های حلال نسبت ۲۰ و ۳۰ (وزنی/وزنی) تهیه شد. حلال مورد استفاده برای ساختن میسلا، هگزان بود. سپس به میسلای تشکیل شده ۰/۳٪ (نسبت وزنی به وزن) اسید فسفریک ۸۵٪ در دمای اتاق اضافه شد و با سرعت زیاد، عملیات همزدن به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد، به دنبال آن میسلای تشکیل شده جهت طی فرایند صمغ گیری، به مدت شصت دقیقه از غشاء PVDF عبور داده شد. پس

چربی ها و روغن ها از اجزاء مهم غذاها هستند [۱] و در این میان روغن کلزا از اهمیت خاصی برخوردار است و یکی از پنج محصول روغن نباتی است که بیشترین استفاده را در سراسر جهان دارد [۲]. فرایند مرسوم تصفیه، می تواند منجر به مضرات کیفی فراوانی نظیر هیدرولیز، اکسایش، پلیمری شدن و تغییرات ساختاری در روغن گردد [۳]؛ لذا یافتن فرایندی جایگزین برای آن، امری مهم و ضروری می نماید. در این میان، فرآیندهای غشایی به دلایل گوناگون از جمله صرفه جویی در مصرف انرژی، استفاده نکردن از آلاینده های شیمیایی، بهبود کیفیت محصول، حفظ مواد مغذی و سایر ترکیبات مطلوب روغن، کاهش حجم فاضلاب یا حذف فرآیند تصفیه فاضلاب، سهولت عملیات و انجام فرآیند در دماهای پایین و معمولی به عنوان یک روش جایگزین، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند [۴].

سن گوپتا<sup>۱</sup> در سال ۱۹۷۷ و ۱۹۸۶ به عنوان پیشرو در این امر از تکنیک فراپالایش جهت حذف صمغ از میسلای روغنی اقدام نمود [۵]. عبدالله<sup>۲</sup> و همکاران [۶] روغن کانولای خام را با استفاده از روش غشایی صمغ گیری کردند و نشان دادند که غشای سرامیکی سرامیکی ۵ کیلو دالتون قادر است ۹۵ درصد از فسفولیپید را از روغن حذف کنند. مور و گوگات<sup>۳</sup> [۷] ضمن صمغ گیری روغن سویا با استفاده از یک فرآیند غشایی ترکیبی سه مرحله ای نشان دادند که کاربرد این غشا منجر به حذف تقریباً کامل فسفولیپیدها (< ۹۹/۹٪) و کاهش ۹۱/۴۹ درصدی در رنگ روغن خام گردید.

هو<sup>۴</sup> و همکاران [۸] نیز نشان دادند که فرایند غشایی قادر است فسفولیپیدها را به طور کامل از غشا حذف نماید؛ همچنین نتایج آن ها نشان داد که کاربرد غشای مذکور، تأثیر چندانی در کاهش اسیدهای چرب آزاد نداشت. کائو<sup>۵</sup> و همکاران [۹] نیز گزارش دادند که عبور میسلای روغن بذر چای از غشا، قادر است محتوای پراکسید روغن را ۲۹/۲٪ و اسیدهای چرب آزاد را نیز ۱۶/۲٪ کاهش دهد

4 -Hou

5 -Cao

6 -Polyvinilidene fluride

1 -Sen Gupta

2 -Abdellah

3 -More &amp; Gogate

کنترل جریان بود. شکل (۱) به صورت شماتیک سامانه جریان عرضی و غیر مداوم<sup>۷</sup> استفاده شده در فرآیند ریزپالایش را نشان می‌دهد. در این سیستم ابتدا در مخزن آب ریخته و دبی بصورت دستی و فشار با استفاده از اینورتر و ترانسمیتور تنظیم شد. روغن ریخته شده در مخزن، توسط پمپ

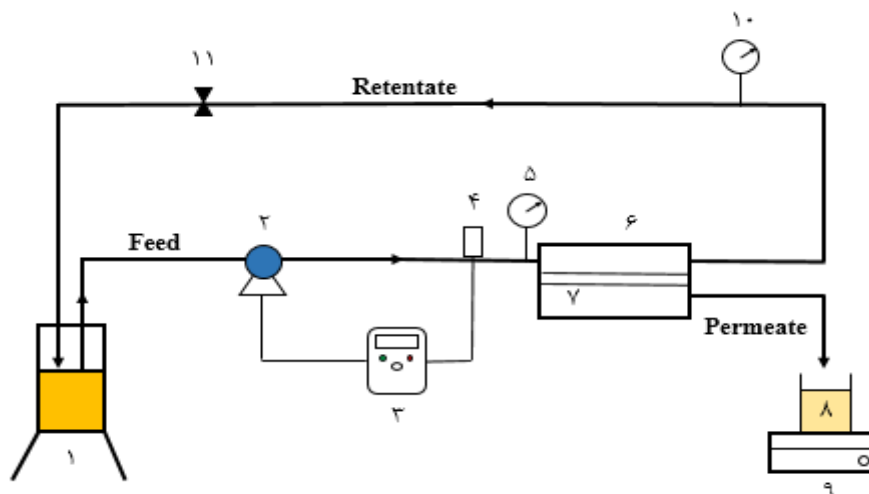
(PROCON, Series 2, Milano, Italy) کشیده شده و به ورودی ماژول غشایی تحویل داده شد. جریان تغذیه<sup>۸</sup> بعد از عبور از روی غشاء به دو قسمت تراوه<sup>۹</sup> و ناتراوه<sup>۱۰</sup> تقسیم و از طریق دو خروجی تعبیه شده بر روی ماژول به ترتیب به ظرف جمع‌آوری و مخزن اولیه انتقال داده شد. غشاء صفحه‌ای استفاده شده، در داخل ماژول صفحه‌ای، قرار گرفته و ماژول در مقابل نشت سیال آب‌بندی شد.

دو عدد فشارسنج در طرفین ماژول برای نشان دادن فشار ورودی و خروجی سیستم قرار داده شد. همچنین یک عدد تنظیم کننده دور موتور پمپ یا اینورتور<sup>۱۱</sup> (SV004ic6-1, KOREA) به همراه یک عدد شیر تنظیم دبی که در مسیر برگشت ناتراوه به تانک قرار دارد، به ترتیب وظیفه‌ی تنظیم فشار و دبی خروجی، را در مسیر برگشت ناتراوه به مخزن بر عهده داشتند. برای اندازه‌گیری وزن روغن بخش تراوه از یک ترازوی دیجیتالی (Mettler Toledo, Switzerland) با دقت ۰/۱ گرم که در زیر ظرف جمع-آوری تراوه قرار داده شده استفاده گردید.

از صمغ گیری از میسلا در مرحله دوم به میسلا مورد نظرمحلول آبی سود NaOH در دو غلظت اضافه شد، غلظت محلول های آبی سود مورد نظر به ترتیب (w/v) ۱۰ و ۳۰٪ بود. این عملیات در دمای اتاق و با استفاده از یک پیپت بر اساس میزان اسیدهای چرب موجود در روغن و بطور خیلی آهسته انجام شد و محتویات میسلا با استفاده از یک همزن مغناطیسی در ۱۰۰ rpm مخلوط شده و در نهایت میسلا حاوی سود به تانک تغذیه وارد شده و پس از رسیدن به دمای مورد نظر (۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس) عملیات جداسازی صابون تشکیل شده بوسیله غشاء PVDF و به مدت شصت دقیقه انجام شد. در مرحله صمغ گیری از سه فشار ۲، ۳ و ۴ بار و دو سرعت جریان ۰/۵ و ۱/۰ متر بر ثانیه و نیز در مرحله خنثی سازی از سه فشار ۲، ۳ و ۴ بار، دو سرعت جریان ۰/۵ و ۱/۰ متر بر ثانیه و نیز سه دمای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتیگراد، جهت بررسی عملکرد جداسازی همزمان صمغ‌ها و خنثی سازی میسلا استفاده شد. در پایان هر عملیات، غشای جدیدی مورد استفاده قرار گرفت البته سیکل شست و شو غشاء را نیز می توان جهت پایین آمدن هزینه به کار برد.

## ۲-۲- سامانه غشایی مورد استفاده

در این تحقیق یک سیستم غشایی ریزپالایش MF مورد استفاده قرار گرفت. این سیستم شامل یک تانک تغذیه، پمپ ، فشارسنج، مبدل حرارتی، ماژول غشایی، اینورتر و شیر



10 . Retentate  
11 . Inverter

7 . Batch  
8 . Feed  
9 . Permeate

**Figure 1** Schematic of the microfiltration system (1- feed tank 2- pump 3- inverter 4- transmitter 5- input pressure gauge 6- membrane module 7- membrane 8- permeate collection tank 9- scale 10- output pressure gauge 11- flow control valve).

غالب است. بر طبق این قانون از روی منحنی تغییرات حجم تراوه (V) نسبت به زمان (t) می توان به مکانیسم گرفتگی غالب در فرآیند پی برد. بدین صورت که:

(الف) در صورتی که منحنی  $t/v$  نسبت به  $v$  خطی باشد مکانیسم تشکیل کیک مکانیسم غالب است.

(ب) در صورتی که منحنی  $t/v$  نسبت به  $t$  خطی باشد مکانیسم بلوکه شدن استاندارد غالب است.

(ج) زمانی که بلوکه شدن میانی مکانیسم غالب است منحنی  $Ln(t)$  نسبت به  $v$  خطی خواهد بود.

سه قانون بالا مکانیسم گرفتگی غالب را در کل فرآوری نشان می دهد؛ اما در هر فرآیند تمامی مکانیسم ها می توانند تاثیرگذار باشند و بسته به شرایط در هر زمان یک مکانیسم، مکانیسم غالب است. برای اینکه بدانیم در هر زمان کدام مکانیسم غالب است هر میا رابطه ی (۳) را ارایه نموده است:

$$\frac{d^2t}{dv^2} = k \left(\frac{dt}{dv}\right)^i \quad (3)$$

در رابطه بالا  $k$  ضریب گرفتگی و  $i$  اندیس بلوکه شدن است. مقدار  $i$  نشان دهنده مکانیسم یا شاخص بلوکه شدن است بدین صورت که:

(الف) اگر  $i = 0$  باشد مکانیسم غالب، تشکیل کیک است.

(ب) اگر  $i = 1$  باشد مکانیسم غالب، بلوکه شدن میانی است.

(ج) در صورتی که  $i = 1.5$  باشد، بلوکه شدن استاندارد مکانیسم غالب است.

(د) زمانی که  $i = 2$  باشد، مکانیسم غالب بلوکه شدن کامل است.

### ۶-۲- تعیین بالاترین دبی خروجی

از آنجا که هدف تحقیق ارزیابی پتانسیل فرایند MF برای جایگزینی آن در صنعت با روش های متداول بوده است لذا برای بررسی دقیق تر، تعیین دبی خروجی در فرایند بسیار حائز اهمیت می باشد. دبی به میزانی از سیال گفته می شود که در واحد زمان از سطحی مشخص عبور می کند. در کل

### ۳-۲- محاسبه فشار انتقال غشایی

همان گونه که ذکر شد فناوری غشایی، فرآیندی با نیروی محرکه فشار می باشد. فشار در طول کانالی که غشاء در آن قرار دارد، تغییر می کند. لذا محققان برای رفع این مشکل، فشار انتقال غشایی  $\Delta p$  را در فرآیندهای غشایی تعریف کردند و از آن برای گزارش فشار بکار برده شده در فرآیند استفاده نمودند که در این مطالعه از رابطه ی (۱) محاسبه شد:

$$\Delta p = \frac{p_b + p_a}{2} \quad (1)$$

که در آن  $p_b$  فشار قبل از غشاء و  $p_a$  فشار بعد از غشاء می باشد.

### ۴-۲- محاسبه شار نفوذی جریان تراوه

شار تراوه  $(J_p, \frac{kg}{m^2s})$  به میزان تراوه ی حاصل از واحد سطح غشاء در واحد زمان گفته می شود که از رابطه (۲) محاسبه شد [۲۱ و ۲۲]:

$$J_p = \frac{\Delta m}{A \times t} \quad (2)$$

که در آن  $\Delta m$  (kg) مقدار وزن تراوه ی حاصل در زمان  $t$  (s) در سطح  $A$  (m<sup>2</sup>) غشاء است. در بعضی مواقع شار به جای وزن بر حسب حجم سنجیده می شود که در آن به جای  $\Delta m$  از  $\Delta v$  (m<sup>3</sup>) (حجم تراوه حاصل) استفاده می شود.

### ۵-۲- مطالعه مکانیسم های مختلف گرفتگی غشاء

عامل اصلی محدود کننده به کار گیری فرایندهای غشایی تحت فشار، گرفتگی است که به دلیل تجمع، رسوب و جذب ذرات کوچک روی سطح غشاء و رسوب مواد محلول ریزتر در میان منافذ غشاء است. همان گونه که در فصل یک مشاهده شد چهار مکانیسم اصلی برای گرفتگی غشاء وجود دارد که شامل بلوکه شدن کامل، بلوکه شدن میانی، تشکیل کیک و بلوکه شدن استاندارد می باشند.

هر میا [۱۰] قانونی را ایجاد نمود که با استفاده از آن می توان تشخیص داد که کدامیک از مکانیسم های گرفتگی مذکور

جهت مقایسه میان روغن تصفیه شده به روش کلاسیک و روغن تصفیه شده به روش فیلتراسیون غشایی، به مقایسه فسفولیپیدها، عدد پراکسید، اسیدیته و رنگ میان این دو نوع روغن پرداخته شد که در ادامه روش اندازه گیری هر یک از این معیارها ارائه شده است:

محتوای فسفرها بوسیله روش استاندارد مولیبدن آبی با استفاده از روش AOCs ca 12-55 [۱۱] اندازه گیری شد. مقدار پراکسید موجود در روغن نیز بر حسب میلی اکی والان گرم اکسیژن فعال برای یک کیلوگرم روغن بیان شد و بر اساس استانداردهای ملی ایران به شماره ۴۱۷۹ تعیین شد [۱۲]. اندازه گیری اسیدیته نیز به روش تیتراسیون و مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۱۷۸ [۱۳] انجام گرفت. در نهایت برای اندازه گیری رنگ از روش AOCs Cc 13e\_02 [۱۴] دستگاه رنگ سنج لایویند استفاده شد و رنگ روغن با استفاده از شیشه های رنگی شماره دار استاندارد محاسبه گردید.

#### ۲-۱۰- آنالیز آماری

به منظور بررسی روند تصفیه روغن با روش عبور از غشاء با شرایط مختلف آزمایشاتی به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴۸ تیمار در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول پس از افزودن فسفریک اسید به هر یک از میسلها، فرایند صمغ گیری در دو سرعت جریان و سه سطح فشار (مجموعاً ۱۲ تیمار) و در گام بعدی با افزودن سود به میسلای صمغ گیری شده، فرایند خنثی سازی در دو سرعت جریان، سه سطح فشار و سه سطح دمایی (مجموعاً ۳۶ تیمار) روند تصفیه تکمیل شد و در نهایت، بهینه ترین شرایط به لحاظ حداکثر شار تراوه و کمترین میزان گرفتگی و مقاومت غشا، برای تصفیه انتخاب شد. تمام محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS (ver 9.1) انجام شد. برای مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن استفاده شد و نمودارها با نرم افزار Excel رسم گردید.

می توان دبی را به دو دسته دبی جرمی<sup>۱۳</sup> و دبی حجمی<sup>۱۴</sup> تقسیم کرد. برای تعیین بهترین دبی خروجی مقدار و زمان فرایند میسل را روغن کانولا (۲۰ و ۳۰) و بالاترین و بهترین دبی تعیین گردید.

#### ۲-۷- حذف حلال از روغن

پس از عبور میسل از غشا و به منظور حذف حلال از روغن، به مخلوط هگزان و روغن، بخار تزریق شد. هگزان که یک حلال فرار است به راحتی از روغن جدا شد و با بخار، به بخش خنک کننده انتقال یافت و دوباره به صورت مایع استفاده شد. علاوه بر روش بالا، در ادامه برای حذف کارآمد و ملایم حلال از نمونه ها از دستگاه تبخیر کننده روتاری نیز استفاده شد. از دستگاه روتاری به این دلیل استفاده شد که آب و حلال در فشار کاهش یافته، دارای نقطه جوش کمتری بودند لذا هگزان در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تبخیر شده و خارج شد تا مقدار روغن موجود در تراوه مشخص گردد و بدنبال آن جهت بررسی کیفیت روغن تصفیه شده آزمون های شیمیایی زیر بر روی آنها انجام شد.

#### ۲-۸- روش کلاسیک صمغ گیری و خنثی سازی

ابتدا به روغن خام در مرحله صمغ گیری و خنثی سازی به ترتیب اسید فسفریک و سود با درجه بومه ۱۴، بر حسب میزان اسید چرب آزاد اضافه می گردد و در دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد مخلوط می شود. پس از آن توسط سپراتور I, II جداسازی صابون انجام می گردد. سپس روغن شسته شده تا صابون باقیمانده در روغن حذف گردد و تحت خلا روغن خشک گردد. روغن پس از این، وارد مرحله بی رنگ سازی شده و در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد تحت خلا از فیلتر پرس رد می شود. در این مرحله خاک به روغن اضافه می شود پس از آن روغن وارد مرحله بی بو سازی می شود تا اسیدهای چرب آزاد و مواد ایجاد کننده طعم و بو از آن جدا شود. در همه مراحل از روغن خام تا بی بو سازی نمونه برداری شده و آزمایشات فیزیکوشیمیایی انجام می شود. سپس نتایج با روش غشایی مقایسه گردید.

#### ۲-۹- آنالیزهای فیزیکوشیمیایی

## ۳- یافته ها و بحث

در این بخش، به بررسی اثر سرعت، فشار و دما بر راندمان حصول تراوه در مراحل صمغ گیری و خشی سازی برای هر یک از دو میسلای روغن خام کانولا (با نسبت های ۲۰:۸۰ و ۳۰:۷۰) پرداخته شد و سپس مکانیسم غالب گرفتگی در هر تیمار مشخص گردید. سپس مطابق نتایج به دست آمده، بهترین شار عبوری، فشار و دما برای شار بالاتر و تبعاً گرفتگی کمتر غشاء در مرحله خشی سازی، به عنوان تیمار بهینه انتخاب شد.

## ۳-۱- اثر فشار بر شار تراوه میسلای کانولا ۲۰:۸۰ در مرحله صمغ گیری

در شکل (۲) اثر فشار بر فرایند صمغ گیری میسلای روغن کانولا (۲۰:۸۰) در سرعت ثابت ۰/۵ و ۱ متر بر ثانیه آورده شده است. نتایج نشان داد که با گذشت زمان شار تراوه به تدریج کاهش یافته و پس از گذشت حدود ۲۰ دقیقه به حالت پایا رسیده است. زمان لازم برای رسیدن به این حالت پایا به خصوصیات خوراک، نوع غشاء و شرایط حاکم بر عملیات (دما، فشار و سرعت جریان) بستگی دارد. علت رسیدن به شرایط پایا احتمالاً به تعادل رسیدن ضریب نفوذ برگشتی و سرعت انتقال همرفتی مواد به سطح غشاء با

یکدیگر است [۱۵ و ۱۶]؛ همچنین، مشخص گردید، به طور کلی، با افزایش فشار، میزان شار تراوه افزایش یافته است؛ دلیل این پدیده را می توان به افزایش نیروی محرکه<sup>۱۵</sup> جریان همرفتی به سطح غشاء نسبت داد که مطابق با قانون دارسی است. به عبارتی، افزایش فشار در محدوده معینی منجر به افزایش شار تراوه می شود و در فشارهای بالاتر، شار تراوه تحت کنترل فرایند انتقال جرم است. فشاری که در آن شار تراوه به حد ثابت می رسد را می توان فشار بهینه تلقی نمود. در این فشار، شار تراوه به بیشترین حد خود می رسد و تمایل اندکی به تشکیل لایه کیک در سطح غشاء دارد [۱۷]. همان طور که از شکل (۲) بر می آید، اختلاف میزان شار تراوه در فشارهای مختلف در شرایط اولیه غیرتعادلی بیشتر است و با افزایش اختلاف فشار عرضی، شار تراوه نیز افزایش یافت که نشان دهنده این است که شار تراوه در شرایط عملیاتی به کار گرفته شده در این محدوده وابسته به اختلاف فشار عرضی است. نتایج بدست آمده مشابه با کارهای پیشین است، به عنوان مثال، رافع و همکاران [۱۵] گزارش دادند که ناخالصی های روغن کانولا مخصوصاً فسفولپیدها منجر به افزایش مقاومت هیدرولیکی و گرفتگی غشاء می شود. علاوه بر این، پاگلیرو [۱۸] با استفاده از مدول غشایی معدنی توانست مخلوط هگزان روغن سویا ۲۵٪ را به خوبی تصفیه کند و نتایج مشابهی را گزارش دادند.

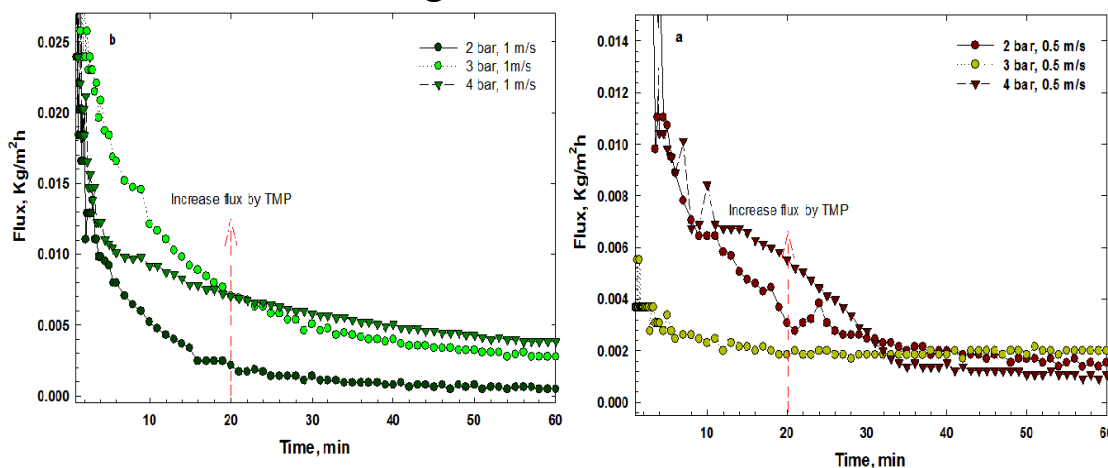


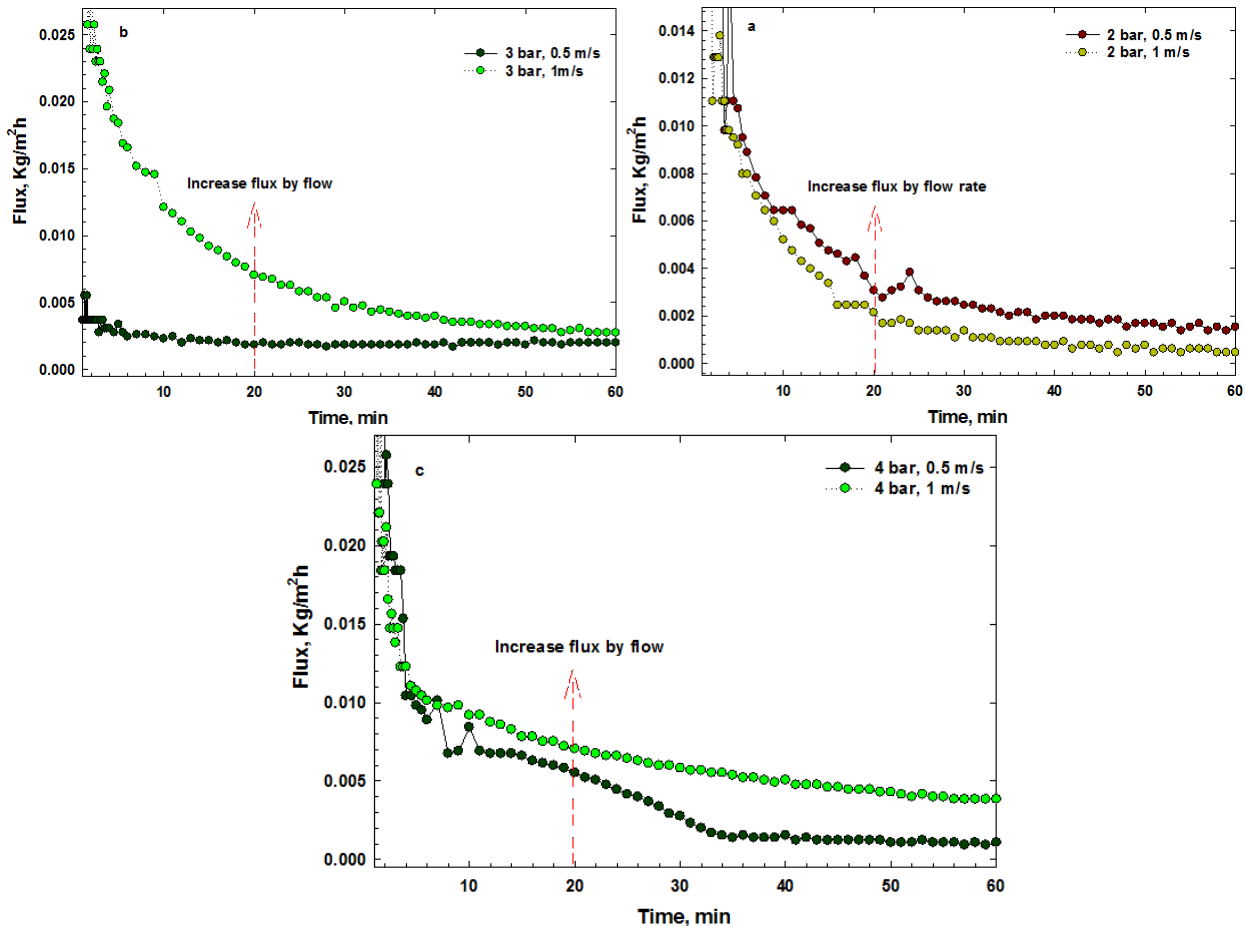
Figure 2 the effect of pressure on permeate flux through degumming process of canola oil micella (20:80)

در شکل (۳)، اثر سرعت جریان ۰/۵ و ۱ متر بر ثانیه در فشارهای ثابت ۲، ۳ و ۴ بار، بر شار تراوه میسلای آورده شده

۳-۲- اثر سرعت جریان بر شار تراوه میسلای کانولا ۲۰:۸۰

نشان داد که سرعت و فشار بالا، با افزایش اغشتاش در سطح غشاء و ممانعت از تشکیل کیک نقش مهمی در افزایش شار تراوه داشته‌اند (شکل ۳). از سوی دیگر با افزایش سرعت جریان و فشار، مدت زمان رسیدن به شرایط تعادلی افزایش داشته است که نشان می‌دهد نقش این دو عامل در ممانعت از بروز گرفتگی غشاء بسیار مهم می‌باشد.

است. همان طور که مشاهده می‌شود در فشارهای پایین، به دلیل تجمع کمتر ذرات در سطح غشاء، سرعت جریان تاثیر معنی‌داری بر میزان شار تراوه نداشت؛ اما در فشارهای بالاتر، با افزایش سرعت جریان، میزان شار تراوه به دلیل ایجاد اغشتاش و توربلانس در سطح غشاء از تشکیل لایه مرزی نازک در سطح غشاء جلوگیری کرده و در نتیجه شار تراوه افزایش یافته است. بررسی اثر توام سرعت جریان و فشار نیز



**Figure 3** the effect of flow rate on permeate flux through degumming of canola oil micella (20:80)

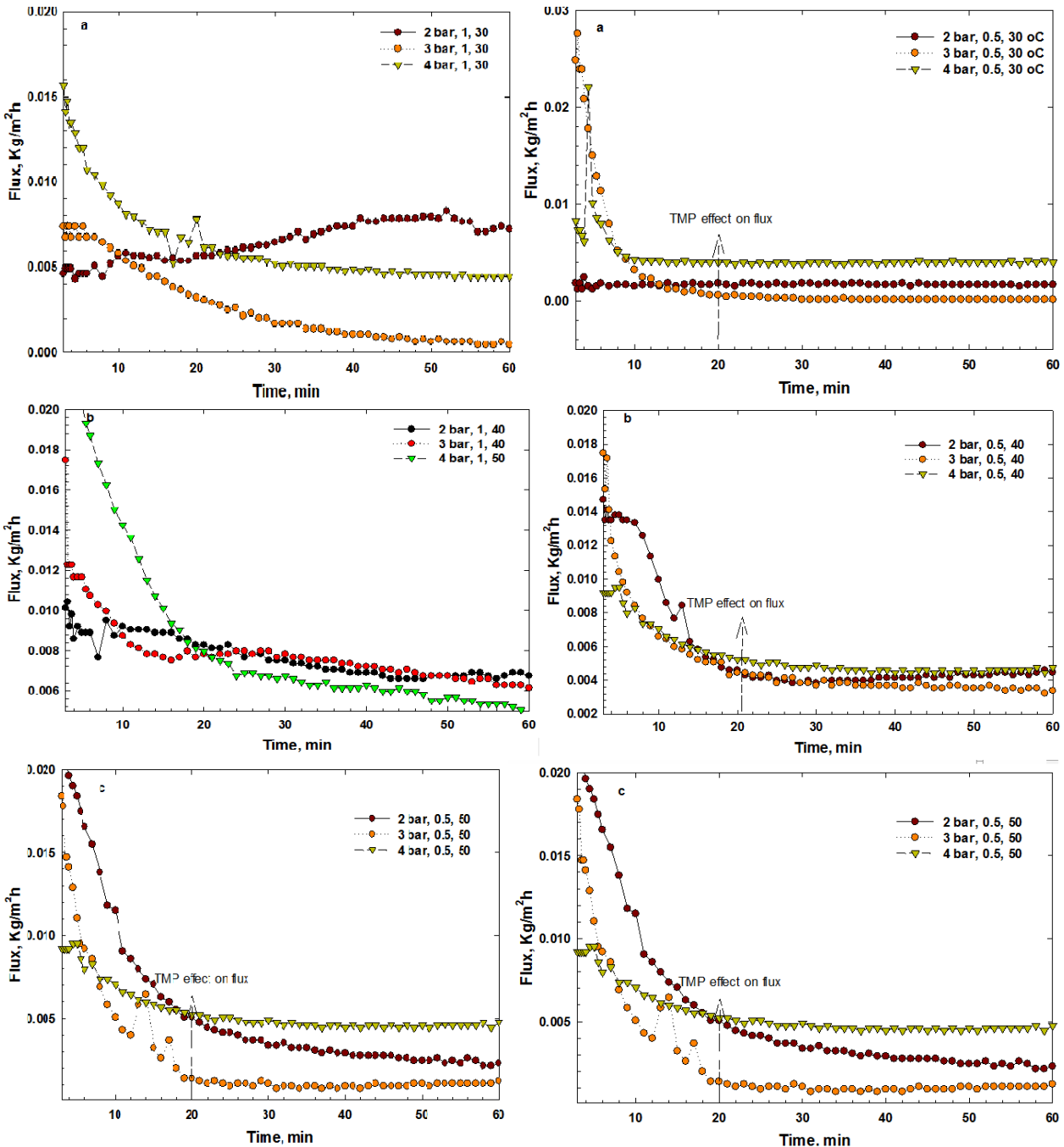
محسوس نبوده است. فرسی و داهبی<sup>۱۶</sup> [۱۹] نیز افزایش شار با افزایش فشار در طی فیلتراسیون پساب کارخانه نساجی را گزارش داده‌اند. نتایج نشان داد که در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر از شار تراوه با دمای ۳۰ و ۵۰ درجه سانتی-گراد است و این اختلاف در فشار ۳ بار بیشتر مشهود است. با افزایش دما ویسکوزیته روغن کاهش یافته و در نتیجه شار تراوه به دلیل افزایش نفوذ پذیری هیدرولیک غشاء و در نتیجه کاهش احتمال انسداد منافذ ناشی از رسوب، افزایش

### ۳-۳- فرایند خنثی‌سازی میسلای کانولا ۲۰:۸۰

در این بخش، اثر فشار، سرعت جریان و دما بر شار تراوه میسلای روغن کانولا (۲۰:۸۰) در مرحله خنثی‌سازی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴). مشابه فرایند صمغ‌گیری، در اینجا نیز پس از گذشت مدت زمانی، شار تراوه کاهش یافته و به شرایط پایا می‌رسد و با افزایش فشار، شار تراوه افزایش داشته است اما اثر توام سرعت جریان بالا و فشار روی شار

پلاریزاسیون غلظتی غشاء، بالا رفتن فشار، تأثیر کمتری بر افزایش شار تراوه دارد. آلیسیو و همکاران [۲۱] نیز گزارش نمودند در یک اختلاف فشار عرضی ثابت، افزایش دمای فرایند، شار تراوه را افزایش می دهد که ناشی از کاهش ویسکوزیته و افزایش ضریب نفوذ مولکولی تراوه می باشد [۲۲].

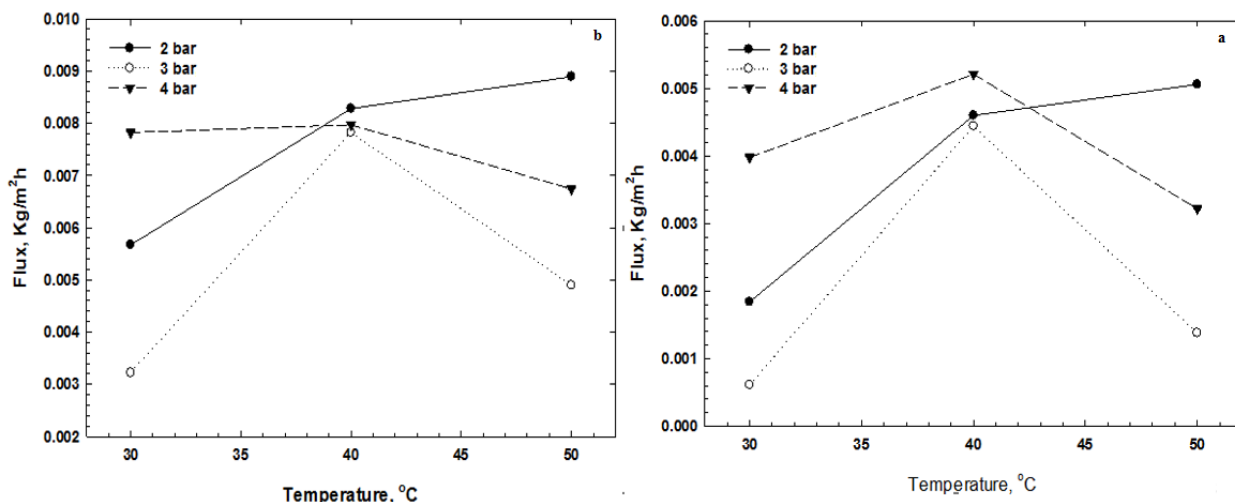
پیدا کرده است اما با افزایش بیش از حد دما و ایجاد کف در روغن باعث اختلال در جریان تراوه و کاهش شار آن شد که همسو با یافته های دارنوکو<sup>۱۷</sup> و همکاران [۲۰] بود. در سرعت کم و تشکیل لایه پلاریزاسیون غلظتی در سطح غشاء، اعمال فشار بیشتر بر روی کیک، اثر معنی داری بر افزایش شار تراوه دارد؛ اما با افزایش سرعت و حذف لایه



**Figure 4** the effect of pressure and flow rate on neutralization of canola oil micella (20:80) at 30 °C (a), 40 °C (b) and 50 °C



بیشتر دما بخصوص در فشارهای بالای ۳ و ۴ بار نتیجه عکس داشته و شار تراوه کاهش داشته است. براین اساس، دمای ۴۰ درجه سانتیگراد و فشار ۴ بار منجر به بیشینه شار تراوه شده است و با بررسی اثر سرعت جریان ۰/۵ و ۱ در شکل ۴-۵، مناسبترین شرایط عملیاتی به این صورت است: دما ۴۰ درجه سانتیگراد، فشار ۴ بار و سرعت جریان ۱ متر بر ثانیه.



**Figure 5** the combined effect of temperature and pressure on the permeate flux of canola oil micella (20:80) at equilibrium conditions (a = flow rate 0.5 m/s and b = flow rate 1.0 m/s)

اسیدهای چرب در منافذ غشاء سبب کاهش اندازه آنها می شود ولی آنها را مسدود نمی کنند. در مقابل، برخی دیگر گزارش نموده اند جذب اسید چرب به دیواره خلل و فرج غشاء، شعاع منافذ کوچک را کاهش می دهد. بنابراین، جذب به تک لایه ای از اسیدهای چرب در خلل و فرج غشاء محدود می شود. با عبور بیشتر خوراک از غشاء، اسیدهای چرب درون منافذ افزایش می یابد و با تجمع آنها، جذب تک لایه ای به جذب چندلایه ای تبدیل می شود که این، افت بیشتر شار نسبی را در غشاء به همراه دارد.

### ۳-۴- اثر توام دما و فشار بر میزان شار تراوه در شرایط تعادلی میسلای کانولا ۲۰:۸۰

در شکل (۵) اثر توام دما و فشار بر میزان شار تراوه در شرایط تعادلی آورده شده است. همان طور که مشاهده می شود، گرچه با افزایش دما و کاهش گرانیوی میسلا از ۳۰ به ۴۰ درجه سانتیگراد، شار تراوه افزایش یافته است، اما افزایش

### ۳-۵- بررسی مکانیسم گرفتگی غشاء برای میسلای کانولا ۲۰:۸۰

بررسی گرفتگی غشاء در دو مرحله صمغ گیری و خنثی سازی میسلای روغن کانولا نشان داد که مکانیسم گرفتگی غالب در مرحله صمغ گیری از نوع کیک و استاندارد و در مرحله خنثی سازی از نوع کیک می باشد (جدول ۱). امین<sup>۱۸</sup> و همکاران [۲۳] و هفیدی و همکاران [۵] نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. برخی محققین اظهار داشته اند جذب یا تجمع

**Table 1** Predominant folding mechanism of degumming and neutralization stages for canola oil micella (20:80)

raw	Stage of the process	P(bar)	V(m/s)	T(C <sup>0</sup> )	R			T(C <sup>0</sup> )	Type of folding
					v به Ln t	t به t/v	v به t/v		
1	Degumming	2	0.5	-	0.9709	<u>0.9853</u>	0.9056	-	standard
2			1.0	-	0.9892	<u>0.9970</u>	0.7559	-	
3		3	0.5	-	0.7538	0.7459	<u>0.7933</u>	-	cake layer
4			1.0	-	0.9354	<u>0.9911</u>	0.9187	-	standard
5		4	0.5	-	0.9920	<u>0.9958</u>	0.7848	-	

raw	Stage of the process	P(bar)	V(m/s)	T(C <sup>0</sup> )	R			T(C <sup>0</sup> )	Type of folding
					v به Ln t	t به t/v	v به t/v		
6	Neutralization	2	1.0	-	0.8905	0.9480	<u>0.9957</u>	-	cake layer
7			30	<u>0.7111</u>	0.3377	0.3494	30	intermediate	
8			0.5	40	0.8081	0.8914	<u>0.9175</u>	40	cake layer
9			50	0.9443	<u>0.9837</u>	0.9269	50	standard	
10			30	0.0738	<u>0.6812</u>	0.0049	30		
11			1.0	40	0.7466	0.9129	<u>0.9391</u>	40	cake layer
12			50	<u>0.7271</u>	0.4425	0.4505	50	intermediate	
13			30	0.9141	<u>0.9997</u>	0.4465	30	standard	
14			0.5	40	0.8758	0.9392	<u>0.9947</u>	40	cake layer
15			50	0.9730	<u>0.9779</u>	0.8575	50	standard	
16			30	0.9377	<u>0.9924</u>	0.6850	30	standard	
17			1.0	40	0.7805	0.8715	<u>0.9273</u>	40	cake layer
18			50	0.8025	0.8540	<u>0.9095</u>	50		
19			30	0.8008	0.8389	<u>0.8962</u>	30		
20			0.5	40	0.7675	0.7838	<u>0.8359</u>	40	
21			50	0.9152	0.9701	<u>0.9937</u>	50		
22			30	0.8404	0.8933	<u>0.9738</u>	30		
23			1.0	40	0.9010	0.9617	<u>0.9906</u>	40	cake layer
24			50	0.8969	0.9562	<u>0.9958</u>	50		

شده است. مشابه با میسلای ۲۰:۸۰، نتایج اشکار ساخت که در سرعت پایین اختلاف بین شار تراوه در فشارهای مختلف قابل توجه نیست اما با افزایش میزان فشار شار تراوه نیز افزایش پیدا کرد و این افزایش در سرعت بالا بیشتر بود و اختلاف قابل توجهی در میزان شار تراوه در سرعت بالا با افزایش فشار بود.

۳-۶- اثر فشار بر شار تراوه میسلای کانولا ۳۰:۷۰ در مرحله صمغ گیری

اثر فشار بر فرایند صمغ گیری میسلای روغن کانولا (۳۰:۷۰) در سرعت های ثابت ۰/۵ و ۱ متر بر ثانیه در شکل (۶) ارائه

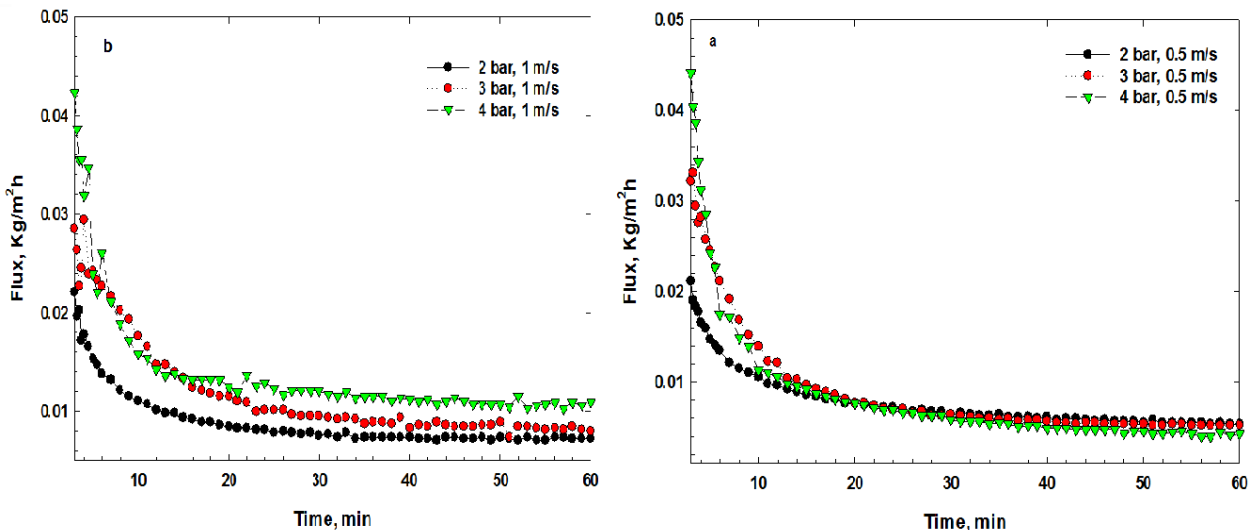
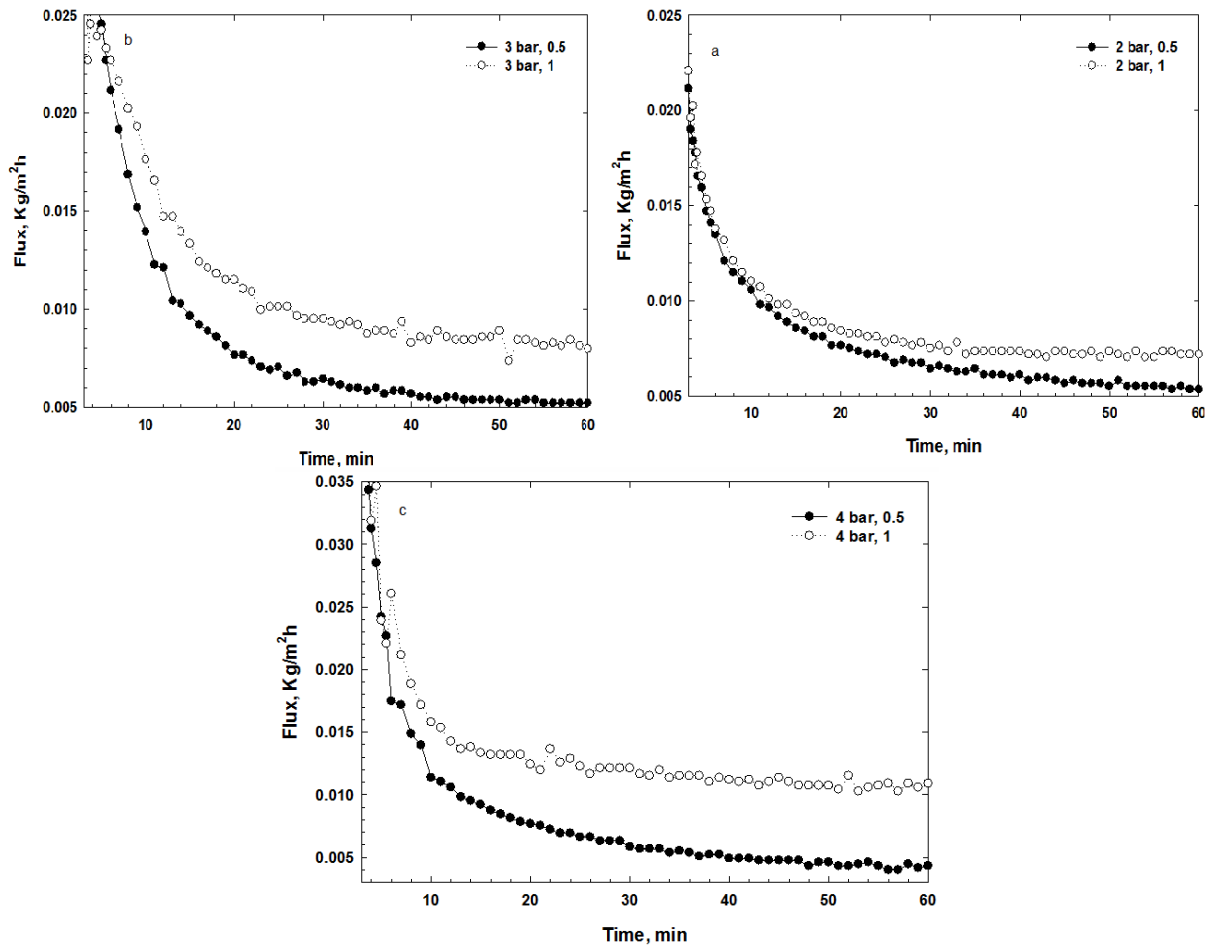


Figure 6 the effect of pressure on permeate flux through degumming process of canola oil micella (30:70)

با توجه به شکل (۷) مشخص گردید که مشابه با نتایج میسلای روغن کانولا ۲۰ درصد هگزان، با افزایش سرعت، میزان شار تراوه نیز افزایش یافت و همچنین میزان اختلاف

۳-۷- اثر سرعت جریان بر شار تراوه میسلای کانولا در مرحله صمغ گیری

شار با افزایش فشار جریان بیشتر شد که همسو با یافته های رافع و رضوی [۲۲] می باشد.

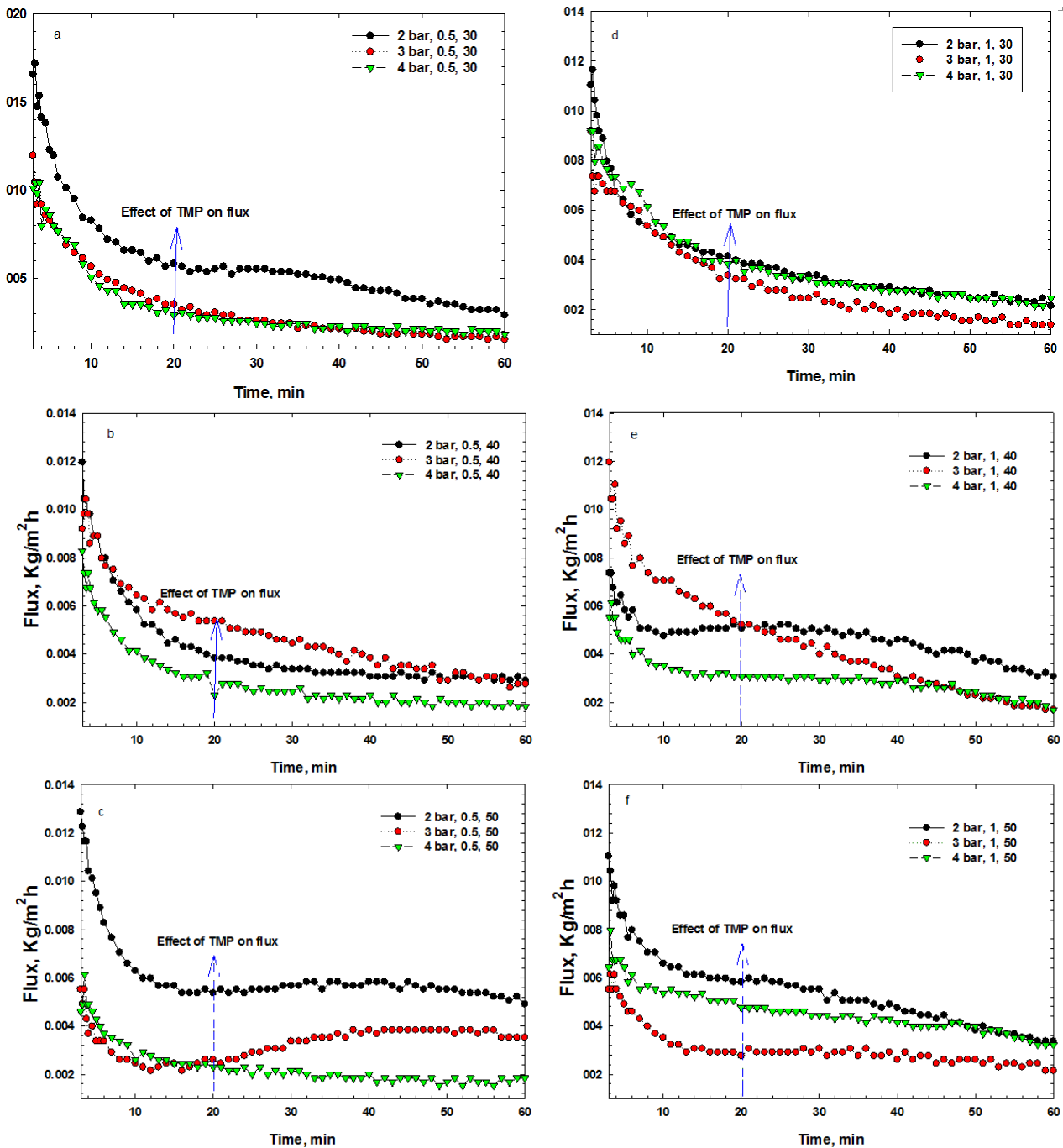


**Figure 7** the effect of flow rate on permeate flux through degumming of canola oil micella (30:70)

افزایش فشار به مقادیر بیش از ۰/۲ مگاپاسکال، افزایش مقاومت خوراک بر افزایش شار تراوه فائق آمده، شار کاهش می یابد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش دما و افزایش سرعت جریان، مقدار شار تراوه افزایش می یابد که این نتایج با یافته های روتنباخ<sup>۲۰</sup> [۲۵] مطابقت داشت. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که افزایش دما تا حدود ۴۰ درجه تأثیر نسبتاً مثبتی در افزایش شار تراوه داشت. به بیان دیگر در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد در ابتدا افزایش شار تراوه را داشتیم سپس روند کاهشی و در نهایت روند شار تراوه به حالت پایا رسید. کاهش گرانیروی خوراک به دلیل افزایش دما بر رفتار فاز رسوبی روی غشاءها تأثیر گذشته باشد و احتمال انسداد منافذ غشاء توسط ذرات را کاهش دهد [۲۶]

### ۳-۸- فرایند خشی سازی میسلای روغن کانولا ۳۰:۷۰

نتایج مربوط به اثر در فشار، سرعت و دما بر شار تراوه میسلای ۳۰:۷۰ در شکل (۸) ارائه شده است. مطابق نتایج، در هر دو سرعت جریان، افزایش فشار در افزایش شار تراوه تأثیر چندانی مثبتی نداشته و حتی باعث کاهش شار تراوه شده است که همسو با نتایج ژو<sup>۱۹</sup> و همکاران [۲۴] بود؛ آن ها گزارش نمودند شار تراوه با افزایش فشار تا ۰/۲ مگاپاسکال افزایش و سپس کاهش می یابد. به عقیده آنها، افزایش فشار طی عمل فیلتراسیون سبب فشردگی غشاء از طریق خوراک شده، ضخامت غشاء به مقدار جزئی کاهش می یابد و در نتیجه مقاومت در مقابل خوراک تشدید می گردد. با



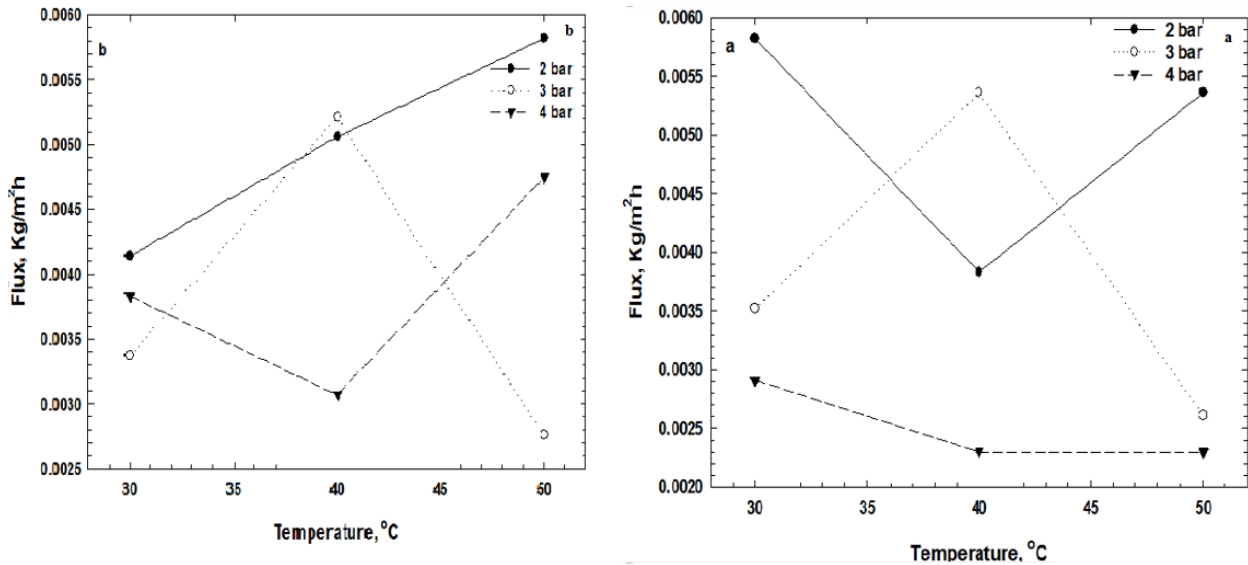
**Figure 8** the effect of pressure and flow rate on neutralization of canola oil micella (30:70) at 30 °C (a), 40 °C (b) and 50 °C

افزایش شار شده است و اثر سرعت جریان بر شار تراوه محسوس نبوده است. براین اساس، دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و فشار ۲ بار منجر به بیشینه شار تراوه شده است و با بررسی اثر سرعت جریان ۰/۵ و ۱ در شکل (۹)، مناسب‌ترین شرایط عملیاتی به این صورت است: دما ۵۰ درجه سانتیگراد، فشار ۲ بار و سرعت جریان ۱ متر بر ثانیه.

۳-۹- اثر توام دما و فشار بر میزان شار تراوه در شرایط

تعادلی میسلای کانولا ۷۰:۳۰

در شکل (۹) مشاهده می‌شود که بر خلاف میسلای روغن ۲۰٪، در اینجا در فشار ۲ بار، شار تراوه بیشتر از فشارهای ۳ و ۴ بار بوده است، به عبارتی فشار منجر به افزایش شار نشده است. از سوی دیگر افزایش دما، بجز فشار ۴ بار منجر به



**Figure 9** the combined effect of temperature and pressure on the permeate flux of canola oil micella (30:70) at equilibrium conditions (a = flow rate 0.5 m/s and b = flow rate 1.0 m/s)

تشکیل می دهند که باعث پلاریزاسیون غلظت می شوند. با توجه به جدول (۲) و همان طور که در بخش مکانیسم غالب گفته شد، در مرحله صمغ گیری گرفتگی از نوع کیک بود و با گذشت زمان به گرفتگی میانی نزدیک می شد. همچنین در مرحله خشی سازی نیز شاخص گرفتگی مشابه شاخص گرفتگی در میسلا روغن کانولا ۲۰ درصد بود و عمدتاً در محدوده گرفتگی از نوع کیک بودند.

۳-۱۰- بررسی مکانیسم گرفتگی غشاء میسلای کانولا  
۳۰:۷۰

با توجه به جدول (۲) می توان نتیجه گرفت که هم در مرحله صمغ گیری و هم در خشی سازی اکثراً شاهد گرفتگی از نوع تشکیل کیک بودیم. از آن جایی که امکان چسبیدن یا جذب همه اسیدهای چرب با وزن مولکولی کم به منافذ غشاء وجود ندارد، بقیه اسیدهای چرب، لایه ای کیک را

**Table 2** Predominant folding mechanism of degumming and neutralization stages for canola oil micella (30:70)

raw	Stage of the process	P(bar)	V(m/s)	T(C <sup>0</sup> )	R			Type of folding
					v به Ln t	t به t/v	v به t/v	
1	Degumming	2	0.5	-	0.9087	0.9528	<u>0.9948</u>	cake layer
2			1.0	-	0.8906	0.9366	<u>0.9860</u>	
3		3	0.5	-	<u>0.9806</u>	0.9452	0.9726	intermediate
4			1.0	-	0.8919	0.9495	<u>0.9975</u>	cake layer
5		4	0.5	-	0.9656	<u>0.9863</u>	0.9452	standard
6			1.0	-	0.9093	0.9488	<u>0.9879</u>	
7	Neutralization	2	0.5	30	0.9140	0.9598	<u>0.9938</u>	cake layer
8				40	0.8997	0.9535	<u>0.9973</u>	
9				50	0.8477	0.8948	<u>0.9364</u>	
10		3	0.5	30	0.9230	0.9657	<u>0.9917</u>	
11				40	0.8282	0.8507	<u>0.8967</u>	
12				50	0.8538	0.9073	<u>0.9634</u>	
13	Neutralization	4	0.5	30	0.9459	<u>0.9801</u>	0.9766	standard
14				40	0.8758	0.9304	<u>0.9872</u>	cake layer
15				50	0.7921	<u>0.7986</u>	0.7840	standard
16		2	1.0	30	0.9007	0.9776	<u>0.9841</u>	cake layer
17				40	0.9111	0.9626	<u>0.9952</u>	
18				50	0.8439	0.9206	<u>0.9618</u>	
19	3	1.0	30	0.9166	0.9755	<u>0.9897</u>		
20			40	0.9239	0.9622	<u>0.9925</u>		

raw	Stage of the process	P(bar)	V(m/s)	T(C°)	R			Type of folding
					v به Ln t	t به t/v	v به t/v	
21				50	0.9205	0.9566	<u>0.9864</u>	
22				30	0.8973	0.9518	<u>0.9987</u>	
23		4	1.0	40	0.8560	0.8994	<u>0.9548</u>	
24				50	0.8293	0.8598	<u>0.9125</u>	

نتایج پارامترهای فیزیکوشیمیایی روغن کانولا و مقایسه روش غشایی و روش کلاسیک به شرح جدول (۳) می باشد.

۳-۱۱- نتایج پارامترهای فیزیکوشیمیایی روغن کانولا ۲۰ درصد و ۳۰ درصد طی تصفیه کلاسیک و تصفیه غشایی طی عبور از مرحله اول و مرحله دوم فیلتراسیون غشایی

**Table 3** comparing physicochemical parameters of classic refining and membrane filtration process for 20% and 30% canola oil

Type of oil	Refining stage	Acidity (%)	Proxide (meq/kg)	Phosphorus (mg/kg)	Phosphatide (%)	Red colour index (R)	Yellow colour index (Y)
Classic refined oil	Crude oil	1.4 <sup>c</sup>	0.86 <sup>d</sup>	294.6 <sup>d</sup>	0.88 <sup>d</sup>	5.1 <sup>b</sup>	70 <sup>a</sup>
	degumming	1.6 <sup>b</sup>	0.70 <sup>e</sup>	329.6 <sup>a</sup>	0.98 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>
	neutralization	0.07 <sup>d</sup>	1.42 <sup>a</sup>	0.066 <sup>e</sup>	0.00019 <sup>e</sup>	3.8 <sup>c</sup>	70 <sup>a</sup>
	Bleaching	0.066 <sup>ed</sup>	0/00 <sup>h</sup>	0.033 <sup>e</sup>	0.00009 <sup>e</sup>	2.0 <sup>h</sup>	34 <sup>b</sup>
Canola (20:80)	Filtration I	1.83 <sup>a</sup>	0.63 <sup>f</sup>	317.6 <sup>b</sup>	0.95 <sup>b</sup>	3.3 <sup>d</sup>	70 <sup>a</sup>
	Filtration II	0.05 <sup>e</sup>	1.11 <sup>b</sup>	0.032 <sup>e</sup>	0.00009 <sup>e</sup>	2.8 <sup>f</sup>	70 <sup>a</sup>
Canola (30:70)	Filtration I	1.83 <sup>a</sup>	0.54 <sup>g</sup>	314.3 <sup>c</sup>	0.094 <sup>c</sup>	2.9 <sup>e</sup>	70 <sup>a</sup>
	Filtration II	0.05 <sup>e</sup>	0.96 <sup>c</sup>	0.031 <sup>e</sup>	0.00009 <sup>e</sup>	2.6 <sup>g</sup>	70 <sup>a</sup>

The results are reported as mean±standard deviation. Dissimilar Latin letters indicate significance at the probability level less than 1%

همکاران [۸] مطابقت نداشت اما با نتایج کائو و همکاران [۹]

۳-۱۱-۱- اندازه گیری اسیدیته

و رافع و همکاران [۲۸] مطابقت داشت؛

با توجه به نتایج موجود در جدول (۳) مقدار اسیدیته در روش غشایی به شکل معناداری در فیلتراسیون دوم در هر دو روغن کانولا ۲۰ و ۳۰ درصد نسبت به روغن خشی شده و حتی رنگبری شده کاهش یافته است ( $p < 0.01$ ). این نتایج نشان می دهد که فیلتراسیون غشایی نسبت به روش تصفیه کلاسیک، قابلیت بیشتری در کاهش میزان اسیدهای چرب آزاد را داشته است. بیشترین میزان اسیدیته نیز در هر دو نوع روغن کانولا ۲۰ و ۳۰ درصد در مرحله فیلتراسیون اول اتفاق افتاده است که می تواند به دلیل شرایط اسیدی ایجاد شده بوسیله فسفریک اسید اضافه شده در مرحله صمغ گیری باشد. این نتایج با یافته های آزومی و همکاران [۲۷]، هو و

۳-۱۱-۲- اندازه گیری اندیس پراکسید  
مقایسه عدد پراکسید تراوه دو مرحله فرایند غشایی با روغن تصفیه شده به روش کلاسیک (جدول ۳) نشان می دهد که عدد پراکسید روغن ناشی از روش تصفیه کلاسیک به صفر رسید اما روش غشایی توانست آن را حداکثر به میزان ۰/۹ میلی اکی والان گرم در کیلوگرم تقلیل دهد که البته کمتر از حداکثر مقدار قابل قبول (۱۰ میلی اکی والان گرم در کیلوگرم) [۲۹] می باشد. حذف آنتی اکسیدان های طبیعی مانند ترکیبات فنلی، و مجاورت با هوا طی اولترافیلتراسیون ممکن است از جمله عوامل افزایش عدد پراکسید در

جداسازی شدند؛ آن‌ها در توضیح این پدیده عنوان نمودند که عدم عبور این ترکیبات رنگی به دلیل به دام افتادن آن در فسفولیپیدهای موجود در میسلای روغن خام بود. در رابطه با رنگ قرمز نیز نتایج نشان داد که روش تصفیه شیمیایی توانست میزان شاخص قرمزی را تا ۶۰٪ کاهش دهد اما این عدد برای میسلای روغن کانولا ۲۰٪ و ۳۰٪ فیلتر شده به ترتیب، ۴۹٪ و ۴۵٪ می باشد که تفاوت معنی داری به شمار می آید ( $p < 0.01$ ) و نشان از کارایی بالاتر روش تصفیه کلاسیک نسبت به روش فیلتراسیون غشایی در کاهش قرمزی دارد. این یافته‌ها مطابق با نتایج مور و گوگات [۷] و رافع و همکاران [۱۵] بود. با این تفاسیر، لازم است خاطر نشان گردد که روغن‌های تصفیه شده در روش غشایی از نظر شاخص قرمزی رنگ به روغن رنگبری شده با روش کلاسیک نزدیک هستند که می‌تواند به قابلیت استفاده از این سیستم‌ها به جای روش‌های متداول تصفیه شیمیایی اعتبار بخشد.

#### ۴- نتیجه گیری

پژوهش حاضر، به بررسی و مقایسه کارایی دو روش "فیلتراسیون غشایی" و "تصفیه کلاسیک" در صمغ گیری، خشی سازی و رنگبری روغن خام کانولا پرداخت و شرایط بهینه عملکرد غشا (دما، فشار و نرخ جریان) مشخص گردید؛ همچنین نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی نیز آشکار ساخت که تفاوت معنی داری میان دو روش وجود داشت و روش تصفیه غشایی عملکرد بهتری نسبت به روش کلاسیک داشت؛ اما در کاهش اندیس پراکسید، روش کلاسیک، به طرز معنی داری عملکرد بهتری از خود به نمایش گذاشت؛ در فرایند صمغ گیری، تفاوت معنی داری وجود نداشت و میزان باقیمانده فسفر و فسفاتید در هر دو روش به یک اندازه بود و در نهایت این که نتایج آزمون رنگ سنجی نیز نشان داد که تفاوت معنی داری میان شاخص زردی وجود نداشت اما در روش کلاسیک اندکی کمتر بود؛ در مورد شاخص قرمزی نیز تفاوت معنی داری میان دو روش نبود اما روش کلاسیک اندکی عملکرد بهتر داشت. لذا با استفاده از فرآیند‌های غشایی در صنایع تصفیه روغن،

فیلتراسیون غشایی محسوب شوند. این نتایج همسو با یافته‌های هفیدی و همکاران [۵] و بوتینو<sup>۲۱</sup> و همکاران [۳۰] بود.

#### ۳-۱۱-۳- فسفر و فسفاتیدها

همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد، در روغن صمغ گیری شده به روش کلاسیک، مقدار فسفر (۳۲۹/۶ میلی گرم بر کیلوگرم) نسبت به روغن خام (۲۹۴/۶ میلی گرم بر کیلوگرم) بیشتر است چون در این روش صمغ گیری به روش اسیدی انجام شده است و فسفولیپیدهایی که غیر آب دوست هستند با اضافه شدن اسیدفسفریک به روغن در این مرحله و با این روش جداسازی می‌شوند که باعث افزایش محتوی فسفر در این مرحله می‌شود اما در مرحله خشی سازی فسفر حذف و مقدار آن کاهش می‌یابد. همچنین، چنانچه از نتایج مندرج در جدول (۳) بر می‌آید، هر دو روش تصفیه کلاسیک و تصفیه غشایی، قادرند محتوای فسفر و فسفولیپید روغن کانولا را تا ۹۹/۹٪ کاهش دهند؛ اما تفاوت معنی داری میان محتوای فسفر و فسفولیپید روغن تصفیه شده به روش کلاسیک و همچنین روغن تصفیه شده با استفاده از فیلتراسیون غشایی وجود ندارد ( $P < 0.01$ )؛ لذا مشخص گردید که فرایند فیلتراسیون غشایی روغن خام کانولا قادر است مقدار فسفولیپیدها را به میزان قابل قبولی کاهش دهد؛ که این نتایج، همسو با یافته‌های عبدالله و همکاران [۶]، آریانتی و همکاران [۳۱] و همچنین اسماعیل<sup>۲۲</sup> و همکاران [۳۲] می‌باشد.

#### ۳-۱۱-۴- رنگ سنجی

مطابق نتایج مندرج در جدول (۳)، رنگ زرد در تصفیه کلاسیک و در مرحله رنگبری، به میزان معنی داری در سطحی پایین تر از روش فیلتراسیون غشایی قرار دارد ( $p < 0.01$ ) اما در سایر نمونه‌ها، اختلاف معنی داری میان رنگ زرد وجود ندارد ( $p < 0.01$ ) که این امر نشان می‌دهد روش فیلتراسیون غشایی نسبت به روش تصفیه کلاسیک، عملکرد ضعیف تری در کاهش رنگ زرد دارد؛ این نتایج با یافته‌های سوبرامانیان و همکاران [۱۶] مطابقت داشت؛ با این وجود، این رنگدانه‌ها تا حدود زیادی توسط غشا

می توان به واسطه استفاده از دماهای پایین تر، حذف خاک رنگبر و ضمن مصرف کمتر انرژی (نسبت به فرایندهای نصفیه کلاسیک)، به نتایج مطلوب دست یافت.

overview of deploying membrane bioreactors in saline wastewater treatment from perspectives of microbial and treatment performance. *Bioresource Technology*. 363: 127-146.

[10] Hermia, J (1982). Constant pressure blocking filtration law application to powder-law non-newtonian fluid. *Tran's inst Chem eng*, 60: 183-187.

[11] American Oil Chemists' Society. (2009). *AOCS Official Method Ca 12-55: Phosphorus*, 2 pages.

[12] Isiri, 4179. (2017). Vegetable and animal oils and fats - measurement of peroxide amount by iodometric method - determination of end point by visual method, National Organization of Standards of Iran.

[13] Isiri, 4178. (2021). Vegetable and animal oils and fats - Measurement of acid number and acidity, National Organization of Standards of Iran.

[14] American Oil Chemists' Society. (2009). *AOCS Cc 13e\_02: colour*, 2 pages.

[15] Rafe, A., Razavi, S. M. A., & Khodaparast, M. H. (2012). Refining of crude canola oil using PSA ultrafiltration membrane. *International Journal of Food Engineering*, 8(2): 1-23.

[16] Subramanian, R., Raghavarao, K., Nabetani, H., Nakajima, M., Kimura, T., & Maekawa, T. (2001). Differential permeation of oil constituents in nonporous dense polymeric membranes. *Journal of Membrane Science*, 187: 57-69.

[17] Tres, M. V., Mohr, S., Corazza, M. L., Luccio, M. D., & Oliveira, J. V. (2009). Separation of n-butane from soybean oil mixtures using membrane processes. *Journal of Membrane Science* 333: 141-146.

[18] Pagliero, C., Mattea, M., Ochoa, N., Marchese, J. (2007). Fouling of polymeric membranes during degumming of crude sunflower and soybean oil. *Journal of Food Engineering* 78: 194-197.

## ۶- منابع

[1] Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti. (2005). Influence of Heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oil, *Food Chemistry*, 89(4):549-554.

[2] Khattab, R., Rempel, C., Suh, M., & Thiyam, U. (2012). Quality of canola oil obtained by conventional and supercritical fluid extraction, 3(12): 966-976.

[3] Niazmand, R., Farhoush, R., Razavi, S.M.A., Mousavi, S.M. (2013). Investigating the effect of membrane filtration process on oxidation parameters of canola oil. *Quarterly Journal of Food Sciences and Industries*. 40(10): 81-91.

[4] Salehi, F.D., Raxavi, S.M.A. (2010). Solvent recovery from rapeseed oil-hexane misela using nanofiltration membrane process. *Electronic magazine of food processing and preservation*. 2(4): 107-121.

[5] Hafidi, A., Pioch, D., & Ajana, H. (2005). Membrane-based simultaneous degumming and deacidification of vegetable oils. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6: 203-212.

[6] Abdellah, M. H., Scholes, C. A., Liu, L., & Kentish, S. E. (2019). Efficient degumming of crude canola oil using ultrafiltration membranes and bio-derived solvents. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59: 102-274.

[7] More, N. S., & Gogate, P. R. (2018). Intensified degumming of crude soybean oil using cavitation reactors. *Journal of Food Engineering*, 218: 33-43.

[8] Hou, Z; Cao, X; Cao, L; Ling, G; Yu, Z and Pang, M (2020). The removal of phospholipid from crude rapeseed oil by enzyme-membrane binding. *J. Food Eng.* 280: 1-16

[9] Cao, T.N, Bui, X.T., Le, L.T, Dang, B., Tran D.P.H., Vo, T.K.Q., Tran, H.T., et al. (2022). An



- [19] Fersi, C., Dhahbi, M. (2008). Treatment of textile plant effluent by ultrafiltration and/or nanofiltration for water reuse. *Desalination*, 222 (1-3): 263-271.
- [20] Darnoko, D. (2006). Carotenoids from red palm methyl esters by nanofiltration. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 83(4): 365-370
- [21] Alicieo, T.V.R., Mendes, E.S., Pereira, N.C., Lima, O.C.M. (2002). Membrane ultrafiltration of crude soybean oil. *Desalination*, 148 (1-3): 99-102.
- [22] Rafe, A. & Razavi, S. M. A., (2009). Water and hexane permeate flux through UF polysulfone amide membrane. *Desalination*, 236: 39-45.
- [23] Amin, I. N. H. M., Mohammad, A. W., Markom, M., Peng, L. C., & Hilal, N. (2010). Flux decline study during ultrafiltration of glycerin-rich fatty acid solutions. *Journal of Membrane Science* 351: 75-86.
- [24] Zhu, X., Dudchenko, Gu, A., Jassby X. D. (2017). Surfactant-stabilized oil separation from water using ultrafiltration and nanofiltration, *J. Membr. Sci.* 529: 159–169.
- [25] Rautenbach, R. (1989). *Membrane processes*. Chichester, New York : Wiley.
- [26] Hua, B., & Scott, K. (2008). Microfiltration of water in oil emulsions and evaluation of fouling mechanism. *Chemical Engineering Journal* 136: 210-220.
- [27] Azmi, A.R., Gog, P., Ismail, A.F., Lau, W.J., Othman, N.H. Noor, A.M. Yusoff, M.S.A. (2015). Deacidification of crude palm oil using PVA-crosslinked PVDF membrane, *Journal of Food Engineering*, 166: 165-173
- [28] Niazmand, R; Mohammad, S; Razavi, A., and Farhoosh, R (2015). Colloid-enhanced ultrafiltration of canola oil: Effect of process conditions and MWCO on flux, fouling and rejections. *J. Food Process. Preserv.* 39: 292-300.
- [29] FAO. (1999). *Codex Standard for Edible Fats and Oils*, CODEX STAN 19-1981, Rev.2.
- [30] Bottino, A., Capannelli, G., Comite, A., Ferrari, F., Marotta, F., Mattei, A., & Turchini, A. (2004). Application of membrane processes for the filtration of extra virgin olive oil. *Journal of Food Engineering*, 65: 303-309.
- [31] Aryanti, N., Wardhani, D.H., Nafiunisa A. (2018). Ultrafiltration membrane for degumming of crude palm oil-isopropanol mixture *Chem. Biochem. Eng. Q.*, 32 (3): 325-334.
- [32] Ismail, D.N.F.A., Ghazali, N. (2018). Separation of fatty acids from palm oil using organic solvent nanofiltration. *Malaysian Journal of Analytical Science* 22(3):561-569.



## Scientific Research

### Feasibility of degumming and neutralization of crude rapeseed oil using polyvinylidene fluoride membrane

Maryam Rashidian<sup>1</sup>, Maryam Gharachorloo<sup>2</sup>, Manochehr Bahmaei<sup>3</sup>, Mehrdad Ghavami<sup>4</sup>, Hossein Mirsaeid Ghazi<sup>5</sup>

1-PhD graduated of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2-Professor of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3-Associate Professor of Department of Chemistry, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4-Professor of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

5-Associate Professor of Department of Food Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.

## ARTICLE INFO

## ABSTRACT

**Article History:**

Received: 2024/4/30

Accepted: 2024/7/20

**Keywords:**

Canola oil,  
membrane,  
filtration,  
permeate flux,  
phosphatides,  
acidity,  
color

**DOI: 10.22034/FSCT.21.156.167.**

\*Corresponding Author E-  
M\_Gharachorloo@srbiau.ac.ir

Current research, has evaluated the efficiency of the membrane process in degumming and neutralization of crude rapeseed oil. Crude rapeseed oil miscellas were prepared using hexane solvent with 20:80 and 30:70 ratios. In order to degumming, the micella passed through the membrane after adding 0.3% of 85% (w/w) phosphoric acid, under three pressure levels of 2, 3, and 4bar and two flow speed of 0.5 and 1m/s; Then, for neutralization, after adding NaOH aqueous solution in two concentrations of 10% and 30% (w/v) the micella passed through the membrane, under the previous conditions, as well as three temperature levels of 30, 40 and 50°C. The results showed that for 20:80 micella, the flux gradually decreased with the passage of time and reached a stable state after about 20 minutes. Surveying the simultaneous effect of conditions through the neutralization process for 20:80 micella, revealed that the highest flux corresponds to 40°C, 4bar, 1.0m/s. Surveying the simultaneous effect of temperature, pressure and flow rate through the neutralization process for 30:70 micella, has also revealed that the highest flux corresponds to 50°C, 2bar, and 1.0m/s. The results of the physicochemical tests also revealed that there is no significant difference in the levels of phosphorus and phosphates in both membrane filtration and conventional refining methods ( $p < 0.01$ ); But acidity reduction for membrane filtration method was significantly higher than that of classical refining method ( $p < 0.01$ ). The reduction of peroxide index was also significantly higher for classic refining method than membrane filtration method ( $p < 0.01$ ). In terms of color, the results showed that the membrane filtration method was not able to reduce the yellow color in crude oil, while the classic refining method significantly reduced the yellow color ( $p < 0.01$ ). The red color index for the classic method also had a significant decrease compared to the membrane method ( $p < 0.01$ ).