



## اثر پیش تیمار ریزپالایش بر راندمان تغلیظ آب کیوی

امیر پورمراذیان<sup>۱</sup>، حسین میرسعیدقاضی<sup>۲\*</sup>، سید عباس موسوی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- دانشیار، عضو هیئت علمی گروه فناوری صنایع غذایی، دانشکده فناوری کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- دانشیار، عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه شریف

### اطلاعات مقاله

### چکیده

#### تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۴

تاریخ داوری: ۱۴۰۳/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۶

#### کلمات کلیدی:

ریزپالایش،

فرایند غشایی،

آب کیوی،

تغلیظ،

نانوفیلتراسیون

DOI: 10.48311/fsct.2026.83817.0

\* مسئول مکاتبات:

[mirsaeed@ut.ac.ir](mailto:mirsaeed@ut.ac.ir)

کیوی به دلیل داشتن مقادیر بالای اسید آسکوربیک (ویتامین C) و همچنین ترکیبات پلی فنلی و فلاونوئیدی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی بوده و مصرف گسترده‌ای در جهان دارد. آب کیوی به جهت مصرف آسان و مدت زمان نگهداری بالاتر نسبت به میوه آن محبوبیت زیادی دارد. فرایندهایی مانند تغلیظ و شفاف‌سازی نیازمند استفاده از دما و یا فشارهای بالا می‌باشند که به دنبال آن سبب کاهش ترکیبات حساس به حرارت و تشکیل ترکیبات نامطلوب در رنگ، طعم و عطر آبمیوه‌ها می‌شوند. فرایند نانوفیلتراسیون به دلیل مقرون به صرفه بودن، راندمان بالا، عدم نیاز به دما و فشارهای بالا و سادگی در انجام فرایند جایگزین مناسبی برای فرایندهای حرارتی در آبمیوه‌ها می‌باشد. در این تحقیق آب کیوی وارسته هایوارده ابتدا تحت پیش فرایند ریزپالایش با غشاء پلی وینیلیدین دی فلئوراید (PVDF) با اندازه منفذ  $0.22 \mu\text{m}$  قرار گرفت و تراوه حاصل از آن وارد فرایند نانوفیلتراسیون با غشاء پلی آمید با کات آف ۴۰۰ دالتون گردید و فرایند مذکور تا زمان تغلیظ ترکیبات تغذیه‌ای ادامه یافت. پس از انجام فرایند غشایی، علاوه بر تعیین شاخص غالب گرفتگی توسط مدل هرمیا، خواص فزیکوشیمیایی آب کیوی مانند اسیدیته، مواد جامد محلول، کدورت، pH، ترکیبات پلی فنلی و فلاونوئیدی کل و خاصیت پاداکسایدنگی در هر مرحله سنجیده شده و مشخص گردید پیش تیمار ریزپالایش و سپس انجام فرایند نانوفیلتراسیون سبب تغلیظ ترکیبات تغذیه‌ای گردید؛ به نحوی که با رسیدن به فاکتور غلظت حجمی برابر با ۴، ترکیبات پلی فنلی ۷ برابر (از حدود  $0.0028$  میلی گرم در  $100$  سی سی نمونه به حدود  $0.02$  میلی گرم در  $100$  سی سی نمونه) و ترکیبات فلاونوئیدی حدود ۱۰ برابر (از حدود  $0.164$  میلی گرم در  $100$  سی سی نمونه به حدود  $1.64$  میلی گرم در  $100$  سی سی نمونه) تغلیظ گردیدند. همچنین مطالعه گرفتگی نشان داد که ریزپالایش به عنوان پیش تیمار، سبب کاهش ذرات معلق در آب کیوی شد و گرفتگی در غشای نانوفیلتراسیون را به تعویق انداخت.

## ۱-مقدمه

از شفاف‌سازی از بین بردن حالت کدری آبمیوه‌ها بوده و در اثر این فرایند میزان تانن موجود در آبمیوه کاهش یافته که در نتیجه طعم تلخی کم می‌شود همچنین تغلیظ سبب افزایش مدت زمان ماندگاری آبمیوه‌ها می‌گردد [۱۰]. از طرفی شفاف‌سازی آبمیوه قبل از تغلیظ آن باعث جلوگیری از سوختگی ذرات درشت و بهبود کیفیت محصول تغلیظ شده نهایی می‌شود [۱۱].

فرایندهای غشایی به دلایلی مانند ساده بودن انجام فرایند، هزینه کمتر و دمای پایین فرایند در نتیجه تخریب کمتر مواد مغذی می‌توانند جایگزین مناسبی برای فرایندهایی با دمای بالا باشند. ریزپالایش، فراپالایش، نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس نمونه‌هایی از فرایندهای غشایی هستند که برای شفاف‌سازی و تغلیظ آب‌میوه‌ها استفاده می‌شوند [۱۲] و [۱۳]. مزایای این فرایندها در مقایسه با فرایندهای حرارتی، راندمان بالا و انجام فرایند در دمای محیط و به دنبال آن حفظ ترکیبات مغذی می‌باشد [۱۳].

به دلیل اندازه منفذ بسیار ریز در نانوفیلتراسیون، تنها آب و یون‌های تک ظرفیتی اجازه عبور از سطح غشا را دارند و سایر اجزا نظیر پروتئین و یون‌های دو ظرفیتی پشت غشا می‌مانند. نانوفیلتراسیون یک فرایند غشایی مناسب جهت تغلیظ ترکیبات مغذی در صنعت آب‌میوه‌ها می‌باشد [۱۴].

در این تحقیق آب کیوی وارسته‌ها یوارده که بیشترین سطح زیر کشت و بازارپسندی را در بین وارسته‌های مختلف کیوی دارد، ابتدا تحت پیش تیمار ریزپالایش قرار گرفت و سپس تراوه حاصل از این فرایند غشایی وارد فرایند نانوفیلتراسیون شد و جهت تغلیظ ترکیبات تغذیه‌ای، فرایند نانوفیلتراسیون تا  $VCF^2$  برابر با ۴ ادامه یافت. همچنین خواص فیزیکوشیمیایی آب کیوی شامل pH، اسیدیته، میزان مواد جامد محلول، میزان ترکیبات پلی‌فنلی و فلاونوئیدی و خاصیت پاداکسندگی در خوراک و آبمیوه تغلیظ شده ارزیابی

کیوی (*Actinidia deliciosa*) از خانواده Actinidiaceae است [۱]. این گیاه بومی چین بوده و به صورت گسترده در شیلی، نیوزیلند و ایتالیا هم کشت می‌شود [۲]. هم اکنون چین، نیوزیلند، یونان، ایتالیا و ایران بزرگترین کشورهای تولیدکننده کیوی در جهان هستند [۳]. ایران ششمین کشور صادرکننده کیوی در جهان بوده و این میوه در مقایسه با دیگر محصولات کشاورزی دارای شرایط کشت مشابه، یک کالای اقتصادی تلقی می‌شود [۴]. کیوی دارای ارقام مختلفی مانند هایوارد، ابوت، متی و آلیسون می‌باشد که در بین آنها هایوارد بیشترین بازارپسندی را دارد [۵]. این میوه به دلیل داشتن ترکیبات مغذی فراوان نظیر ویتامین C، ترکیبات پلی‌فنلی، فلاونوئیدی و خاصیت پاداکسیندگی و همچنین عطر و طعم بی‌نظیرش مصرف بسیار بالایی در سرتاسر جهان دارد. طبق تحقیقات صورت گرفته، ویتامین C موجود در کیوی حدود ۳ تا ۵ برابر بیشتر از مرکبات است [۶]. کیوی به دلیل داشتن مقادیر بالای ویتامین C و ترکیبات پلی‌فنلی لقب شاه میوه‌ها<sup>۱</sup> را به خود اختصاص داده است [۷].

میوه کیوی پس از برداشت به دلیل داشتن مقدار رطوبت بالا و نگهداری در دمای اتاق به سرعت نرم شده و علاوه بر کاهش مدت زمان نگهداری (Shelf Life) مواد مغذی آن نیز کاهش می‌یابد. آب کیوی به دو دلیل مصرف آسان توسط مصرف‌کنندگان و راحتی در حمل و نقل و افزایش مدت زمان نگهداری نسبت به میوه کیوی از محبوبیت بیشتری برخوردار است [۸].

فرایندهایی که به منظور افزایش مدت زمان نگهداری و افزایش کیفیت بر روی آبمیوه‌ها انجام می‌شوند شامل پاستوریزاسیون، تغلیظ و شفاف‌سازی می‌باشند. اما این فرایندها به دلیل دمای بالای مورد نیاز، سبب تخریب حرارتی مواد مغذی و تشکیل ترکیبات نامطلوب می‌شوند [۹]. هدف

نگهداری شد. در روز آزمون آب کیوی‌ها یخ زدایی شده و پس از عبور از دولایه توری نازک، برای ورود به سامانه غشایی آماده شد.

## ۲-۲- فرایند غشایی

در این آزمون ابتدا آب کیوی تحت پیش فرایند ریزپالایش با غشاء پلی وینیلیدین دی فلوئورید (PVDF) با اندازه منفذ  $0.22 \mu\text{m}$  ساخت شرکت Qingfeng کشور چین قرار گرفت. سپس تراوه حاصل از آن وارد سامانه نانوفیلتراسیون با غشاء پلی آمید با کات آف  $400 \text{ Da}$  ساخت شرکت تصفیه صنعت آب شریف، کشور ایران گردید. در تمامی فرایندها خواص فیزیکوشیمیایی خوراک و تراوه مورد بررسی قرار گرفت.

شمای کلی سامانه غشایی مورد استفاده در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

شد. هدف از انجام این تحقیق به کارگیری پیش فرایند ریزپالایش جهت کاهش ذرات معلق در آب کیوی تازه و جلوگیری از گرفتگی‌های شدید در غشا طی فرایند نانوفیلتراسیون و سپس انجام فرایند نانوفیلتراسیون تا تغلیظ ترکیبات تغذیه‌ای در ناتراوه حاصل از این فرایند بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- استخراج آب کیوی

کیوی وارسته هایوارد از یک باغ تحقیقاتی در منطقه سلمان شهر استان مازندران خریداری شد و در مکانی تاریک و خنک نگهداری شد. پس از رسیدن میزان مواد جامد محلول به حدود  $12$  درجه بریکس، کیوی‌ها شسته شده و به صورت دستی پوست‌گیری شدند. سپس توسط آبمیوه‌گیری سه کاره پارس خزر مدل  $610P$  ساخت ایران آبگیری شده و از صافی عبور داده شد. آب کیوی در بطری‌های پلی اتیلن ترفتالات یک لیتری تا زمان انجام آزمون در فریزر  $20^\circ\text{C}$ -

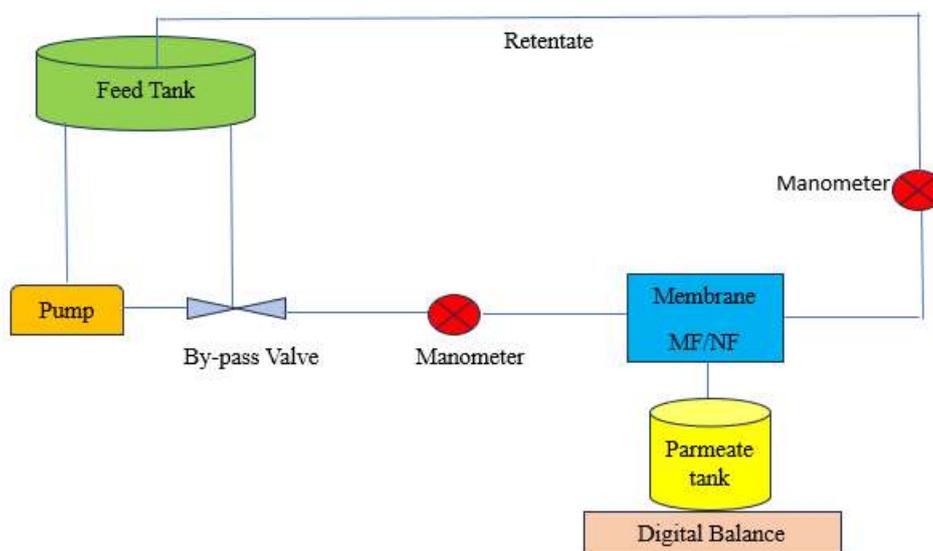


Fig. 1. schematic of membrane process

وارد مخزن خوراک شده و زمانی که میزان مشخصی از تراوه از سطح غشا عبور داده شد فرایند متوقف گردید. سپس از طریق فرمول VCF، میزان آن محاسبه گردید.

### ۲-۳ اندازه‌گیری شار و VCF

جهت اندازه‌گیری شار، حجم عبوری آب کیوی از واحد سطح غشا در واحد زمان به مدت یک ساعت اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری VCF حجم مشخصی از آب کیوی

دستگاه اسپکتروفوتومتر (Perkin Elmer آمریکا، مدل Lambda 25) اندازه‌گیری شد. برای بدست آوردن منحنی استاندارد، غلظت‌های مختلفی از گالیک اسید تهیه و پس از آماده‌سازی طبق روش گفته شده، جذبشان در همان طول موج اندازه‌گیری شد [۸].

۲-۴-۴- سنجش ترکیبات فلاونوئیدی:

محتوای ترکیبات فلاونوئیدی به روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌گرم کاتچین موجود در ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه بیان شد. بدین منظور به نیم سی از هر نمونه ۷۰ میکرولیتر سدیم نیتريت ۵ درصد و سپس ۰/۱۵ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد افزوده شد. پس از گذشت ۵ دقیقه در حمام آب گرم ۲۰ درجه، ۱/۳ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر سود ۱ مولار اضافه گردید. سپس جذب نمونه‌ها در ۴۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (Perkin Elmer آمریکا، مدل Lambda 25) اندازه‌گیری شد. برای بدست آوردن منحنی استاندارد، غلظت‌های مختلفی از کاتچین تهیه و پس از آماده‌سازی طبق روش گفته شده جذبشان در همان طول موج اندازه‌گیری شد [۸].

۲-۴-۵- خاصیت پاداکساینده (درصد بازدارندگی

(DPPH):

خاصیت پاداکساینده نمونه‌ها به روش DPPH اندازه‌گیری شد. محلول ۴ میلی‌گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول تهیه شد. به ۰/۱ سی سی از هر نمونه و ۰/۱ سی سی متانول، ۳ سی سی از محلول DPPH افزوده شد. پس از قرار دادن نمونه‌ها درون حمام آب (Serology Water Bath, SHSWB25, IRAN) ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه، جذب آنها در ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (Perkin Elmer آمریکا، مدل Lambda 25) اندازه‌گیری شد و میزان خاصیت پاداکساینده توسط فرمول زیر مشخص گردید.

$$VCF = \frac{\text{وزن خوراک}}{\text{وزن تراوه - وزن خوراک}} \times 100$$

۲-۴-۶- سنجش خواص فیزیکوشیمیایی

۲-۴-۱- سنجش pH:

pH نمونه‌ها توسط pH متر دیجیتال قلمی (827pH Lab-Metrohm, SWISS) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

اندازه‌گیری شد.

۲-۳-۲- سنجش میزان مواد جامد محلول (TSS):

محتوای مواد جامد محلول نمونه‌ها توسط رفاکتومتر دستی (ATAGO, HSR-500, JAPAN) اندازه‌گیری شد و مقادیر بر حسب درجه بریکس گزارش شدند.

۲-۴-۲- سنجش اسیدیت:

اسیدیت قابل تیتراژ با استفاده از تیتراسیون اندازه‌گیری و بر حسب اسید سیتریک که اسید غالب در کیوی می‌باشد، گزارش شد. بدین منظور ابتدا ۲/۵ گرم از هر نمونه با ۲۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق گردید و پس از اضافه کردن چند قطره معرف فنل فتالین با سود ۰/۱N تا حصول رنگ صورتی پایدار تیتراژ شد. مقدار اسیدیت نمونه‌ها توسط فرمول زیر مشخص و گزارش گردید.

$$\text{اسیدیت} = \frac{X \times 0.0064 \times 100}{2.5}$$

که در این رابطه X مقدار سود مصرفی است.

۲-۴-۳- سنجش ترکیبات پلی‌فنل:

محتوای پلی‌فنل به روش Folin-Ciocalteu اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک موجود در ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه بیان شد. ابتدا نیم سی سی نمونه با ۱/۵ سی سی آب دوبار یونیزه و ۰/۲۵ سی سی معرف فولین مخلوط شد؛ سپس ۰/۵ سی سی کربنات کلسیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شد. نمونه‌ها در مکانی تاریک به مدت نیم ساعت نگهداری شدند و سپس جذب آنها در ۷۶۵ نانومتر توسط

در این پژوهش از معادلات تعیین شده طبق مدل هر میا که ساتیانارایانا و همکاران در سال ۲۰۲۳ از آن استفاده کردند (جدول شماره ۱) برای بررسی سازوکار گرفتگی در فرایند، استفاده شده است.

$$\text{DPPH (\%inhibition)} = [(Abs0 - Abs1)/Abs0] \times 100$$

در این فرمول  $Abs0$  میزان جذب شاهد (متانول) و  $Abs1$  میزان جذب نمونه است [۸].

## ۲-۴-۶- بررسی مکانیسم گرفتگی در شفاف سازی

آب کیوی

Table 1. Hermia's model equations [۱۵]

S. No	Hermia's Model	Concerning equation
(a)	Standard pore blocking	$J^{-0.5} = J_0^{-0.5} + k_s t$
(b)	Complete pore blocking	$\ln J^{-1} = \ln J_0^{-1} + k_b t$
(c)	Intermediate pore blocking	$J^{-1} = J_0^{-1} + k_i t$
(d)	Cake filtration	$J^{-2} = J_0^{-2} + k_c t$

## ۲-۴-۷- محاسبه اندیس گرفتگی:

### ۳- نتایج و بحث

جهت محاسبه اندیس گرفتگی (IF)، شار آب خالص قبل و بعد از فرایند شفاف سازی آب کیوی اندازه گیری گردید. سپس از طریق فرمول زیر شاخص گرفتگی محاسبه شد.

## ۳-۱- تغییرات شار تراوه و میزان VCF در فرایند

### ریزپالایش

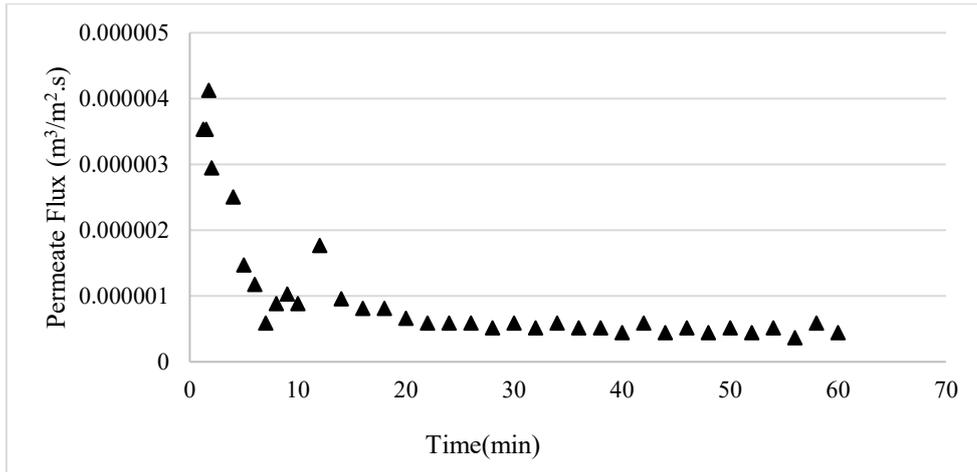
آب کیوی وارسته هایوارد وارد سیستم ریزپالایش شد. شکل های ۲ و ۳ نمودار شار تراوه و میزان VCF در فرایند ریزپالایش را نشان می دهند. همانطور که در این شکل ها مشخص است، کاهش چشمگیری در میزان شار تراوه در لحظات اولیه فرایند مشاهده شده است که دلیل آن پلازاسیون غلظتی و به دنبال آن گرفتگی و تشکیل لایه کیک بر روی غشا است. ولی در ادامه شار تراوه روند ثابتی را طی کرده است. میزان VCF که در واقع راندمان تولید محصول را نشان می دهد، با گذشت زمان افزایش پیدا کرده است.

$$IF = 1 - \frac{J_1}{J_0} \times 100$$

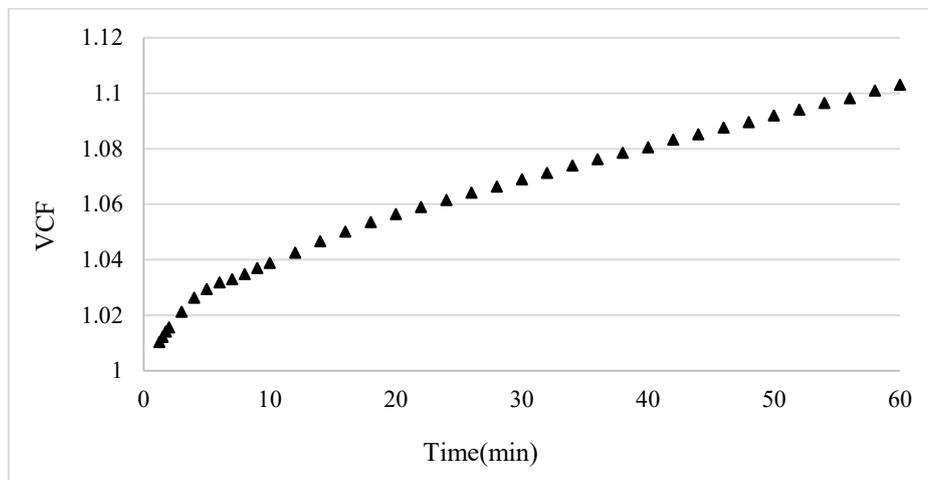
که در آن  $J_1$  شار آب بعد از فرایند و  $J_0$  شار آب قبل از فرایند است.

## ۲-۴-۷- تجزیه و تحلیل آماری:

تمامی آزمون ها در سه تکرار انجام شده و مقادیر میانگین گزارش شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) انجام شد. نرم افزار Minitab 15 برای مقایسه داده ها با استفاده از آزمون چند مرحله ای دانکن استفاده شد.



**Fig. 2. Permeate flux of the microfiltration process of kiwifruit juice**



**Fig. 3. changes of VCF during microfiltration process of kiwifruit juice**

به منظور بررسی مکانیسم غالب گرفتگی در فرایند ریزپالایش، نمودارهای مختلف مدل هر میا برای معادله‌های نوشته شده بر طبق این مدل رسم گردید که در ادامه به بررسی مکانیسم غالب گرفتگی پرداخته خواهد شد.

۳-۲- بررسی مکانیسم غالب گرفتگی فرایند شفاف سازی آب کیوی توسط ریزپالایش

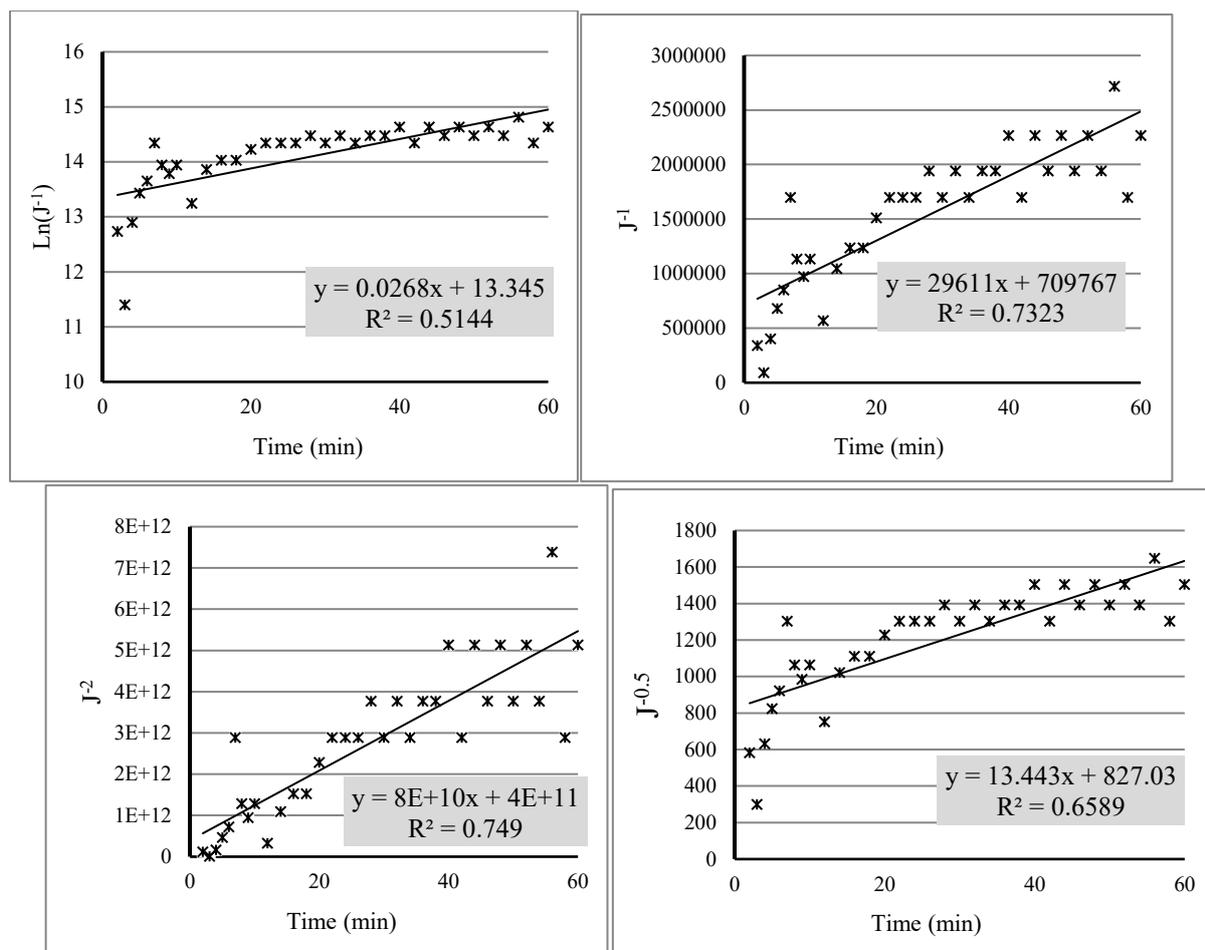


Fig. 4. The diagrams of Hermia's model during microfiltration of kiwifruit juice

به منظور بررسی اثر بخشی فرایند ریزپالایش، خواص فیزیکوشیمیایی تراوه حاصل از این فرایند بررسی شد.

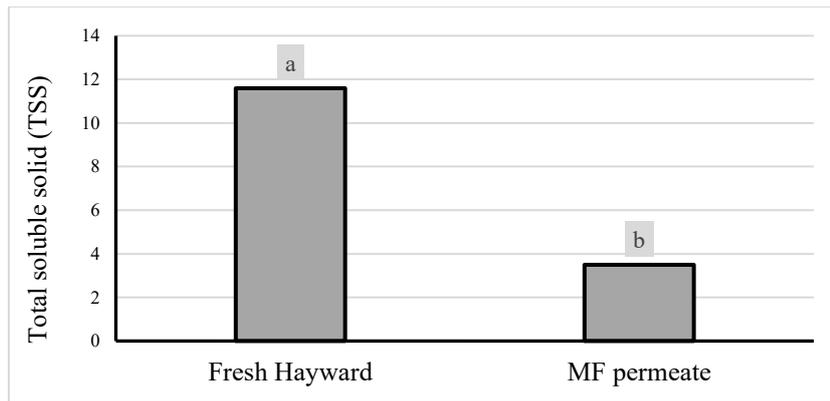
### ۳-۴-۱- اثر ریزپالایش بر ماده جامد محلول آب کیوی

بررسی مقدار ماده جامد محلول آب کیوی در حین فرایند شفاف سازی نشان داد که ماده جامد محلول به طور چشمگیری کاهش یافته است که علت این امر به دام افتادن مولکول‌هایی نظیر قند توسط لایه کیک روی سطح غشا است (شکل ۵). دامینگوس و همکاران که در سال ۲۰۱۴ بر روی ریزپالایش در پشن فروت کار کردند نیز به نتیجه مشابهی در خصوص کاهش میزان مواد جامد محلول در تراوه فرایند ریزپالایش رسیدند [۱۷].

بر طبق شکل شماره ۴، نمودار  $j^{-2}$  نسبت به زمان دارای بیشترین میزان خطی بودن در بین بقیه نمودارها بود. به همین دلیل گرفتگی کیک، شاخص غالب گرفتگی طی فرایند ریزپالایش در وارته هایوارد است. ساتیانارایانا و همکارانش که در سال ۲۰۲۳ به شفاف‌سازی آب آناناس با استفاده از ریزپالایش پرداختند با استفاده از مدل هرمیا، گرفتگی کیک را شاخص غالب گرفتگی در فرایند خود اعلام کردند [۱۶].

### ۳-۴-۲- اثرات ریزپالایش بر خواص فیزیکوشیمیایی

آب کیوی

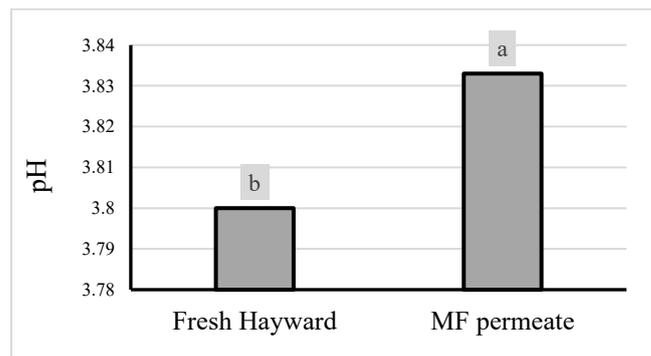


**Fig. 5. The effect of microfiltration on TSS of kiwifruit juice (the same letters means that there is no significant difference at 95%).**

تازه افزایش معنی داری داشته است (شکل ۶). تخریب یا گیر افتادن مولکول‌های اسیدی نظیر ویتامین C در لایه کیک غشا می‌تواند دلیلی بر افزایش جزئی میزان pH در تراوه حاصل از فرایند ریزپالایش در مقایسه با آب کیوی تازه باشد.

۳-۴-۲- اثر ریزپالایش بر pH آب کیوی

مطالعه اثر ریزپالایش بر میزان pH آب کیوی نشان داد که میزان pH در تراوه فرایند ریزپالایش نسبت به آب کیوی

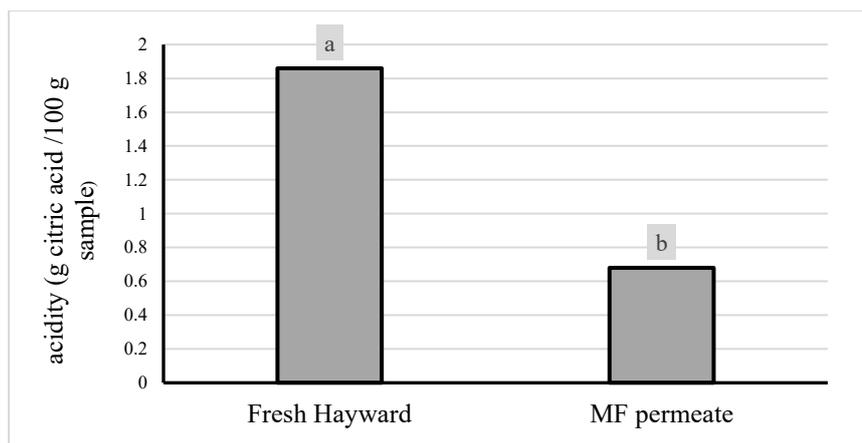


**Fig. 6. The diagram of effect of microfiltration on pH of kiwifruit juice (the same letters means that there is no significant difference at 95%).**

جهت بوده و میزان اسیدیته در تراوه کاهش یافته است که علت این امر تخریب یا به دام افتادن مولکول‌های اسیدی می‌باشد (شکل ۷).

۳-۴-۳- اثر ریزپالایش بر اسیدیته آب کیوی

بررسی تغییرات اسیدیته آب کیوی در حین فرایند ریزپالایش نشان داد که جهت تغییرات اسیدیته با pH هم

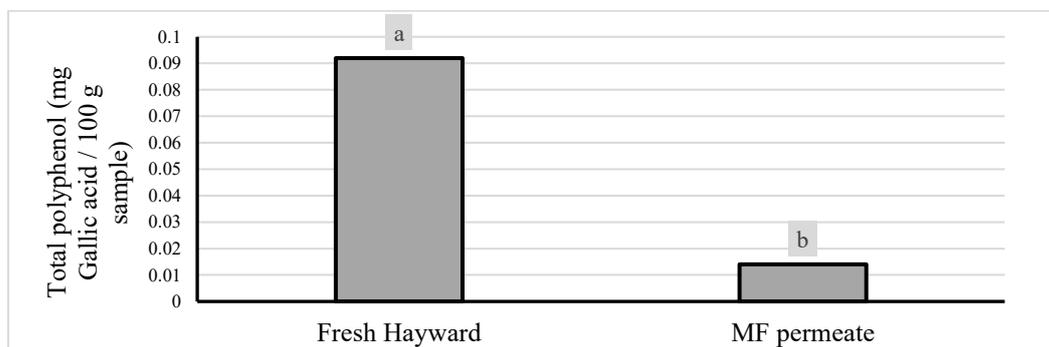


**Fig. 7. The effect of microfiltration on the acidity of kiwifruit juice (the same letters means that there is no significant difference at 95%)**

نتایج نشان داد که میزان ترکیبات فنلی در تراوه کاهش یافته است (شکل ۸). دلیل این امر به دام افتادن ترکیبات فنلی بزرگ مولکول در لایه کیک غشا است. کاسانو و همکاران که در سال ۲۰۱۰ به شفاف‌سازی آب کاکتوس توسط فرایند ریزپالایش پرداختند، به نتیجه مشابه‌ای دست یافتند [۱۲].

۳-۴-۴- اثر ریزپالایش بر پلی فنل کل آب کیوی

یکی از ترکیبات مغذی موجود در آب کیوی ترکیبات پلی فنلی هستند. از اینرو میزان تغییرات این ترکیبات در حین فرایند شفاف‌سازی این آبمیوه مورد بررسی قرار گرفت.

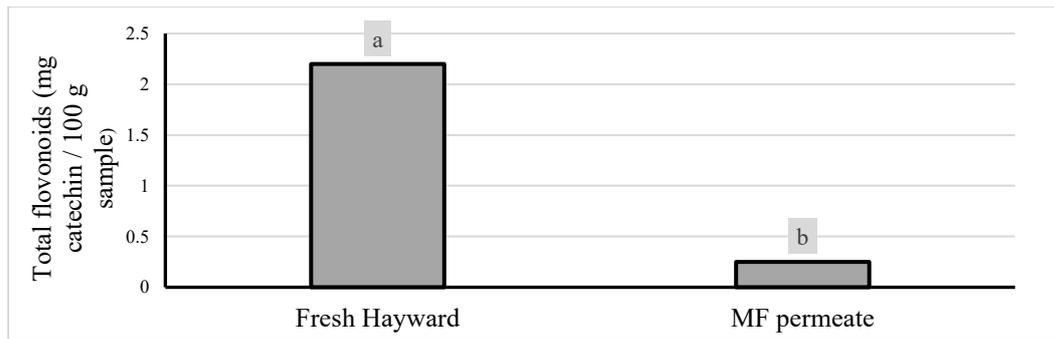


**Fig. 8. The effect of microfiltration on total polyphenol content of kiwifruit juice (the same letters means that there is no significant difference at 95%)**

ترکیبات به دلیل تغییرات محیطی و اکسیداسیون میزان ترکیبات فلاونوئیدی کاهش چشمگیری یافته (شکل ۹) که با تحقیقات کاسانو در سال ۲۰۱۰ بر روی آب کاکتوس و مجیا و همکارانش در خصوص شفاف‌سازی آب گلابی مشابهت دارد [۱۲] و [۱۸].

۳-۴-۵- اثر ریزپالایش بر فلاونوئید کل آب کیوی

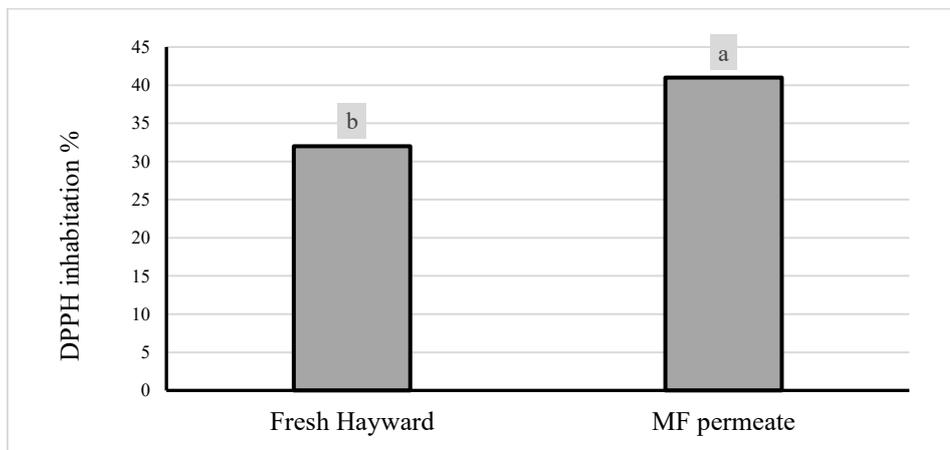
فلاونوئیدها نیز همچون ترکیبات پلی فنلی از اجزاء مغذی آب کیوی به شمار می‌روند. بررسی تغییرات این ترکیبات در حین شفاف‌سازی نشان داد که طی فرایند ریز پالایش به دلیل گیر کردن ترکیبات فلاونوئیدی در لایه کیک غشا، و یا جذب شدن در سطح غشا و همچنین تخریب این



**Fig. 9. The effect of microfiltration on total flavonoids content of kiwifruit juice (the same letters means that there is no significant difference at 95%)**

خاصیت پاداکساینده‌گی کاهش یافته است که دلیل این کاهش را میتوان به اکسید شدن ویتامین C و به دام افتادن مولکول‌های دارای خاصیت پاداکساینده‌گی در لایه کیک غشا، نسبت داد. در تحقیقات میچیا و همکارانش در خصوص شفاف‌سازی آب گلابی نتیجه مشابه‌ای در خصوص کاهش خاصیت پاداکساینده‌گی در تراوه حاصل از فرایند ریزپالایش، حاصل گردید [۱۸].

۳-۴-۶- اثر ریزپالایش بر خاصیت پاداکساینده‌گی آب کیوی  
 خاصیت پاداکساینده‌گی آب کیوی عمدتاً به دلیل وجود مقادیر بالای آسکوربیک اسید و پلی‌فنل‌ها و فلاونوئیدها می‌باشد. شکل ۱۰ میزان خاصیت پاداکساینده‌گی در تراوه حاصل از فرایند ریزپالایش و آب کیوی تازه را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است در طی فرایند ریزپالایش میزان



**Fig. 10. The effect of microfiltration on the antioxidant activity of kiwifruit juice (the same letters means that there is no significant difference at 95%)**

آب کیوی ریزپالایش شده انجام شد. در شکل شماره ۱۱ میزان VCF آب کیوی پس از فرایند نانوفیلتراسیون با و بدون پیش تیمار ریزپالایش نشان داده شده است. انجام پیش تیمار ریزپالایش به دلیل کاهش ترکیبات درشت مولکول موجود در آب کیوی و به دام انداختن این ترکیبات در لایه کیک غشا، سبب تولید آب کیوی شفاف شده که پس از ورود این آب کیوی به فرایند نانوفیلتراسیون، گرفتگی کمتری در

۳-۵- اثر پیش تیمار ریزپالایش بر میزان VCF  
 فرایند نانوفیلتراسیون آب کیوی

به منظور مطالعه اثر بخشی پیش تیمار ریزپالایش بر راندمان تغلیظ آب کیوی توسط نانوفیلتراسیون، فرایند تغلیظ در دو حالت با خوراک آب کیوی تازه و با خوراک پرمیت

غشا صورت گرفته و میزان VCF در مقایسه با آب کیوی تازه که دارای ترکیبات معلق بسیاری بوده است، بیشتر شده است.

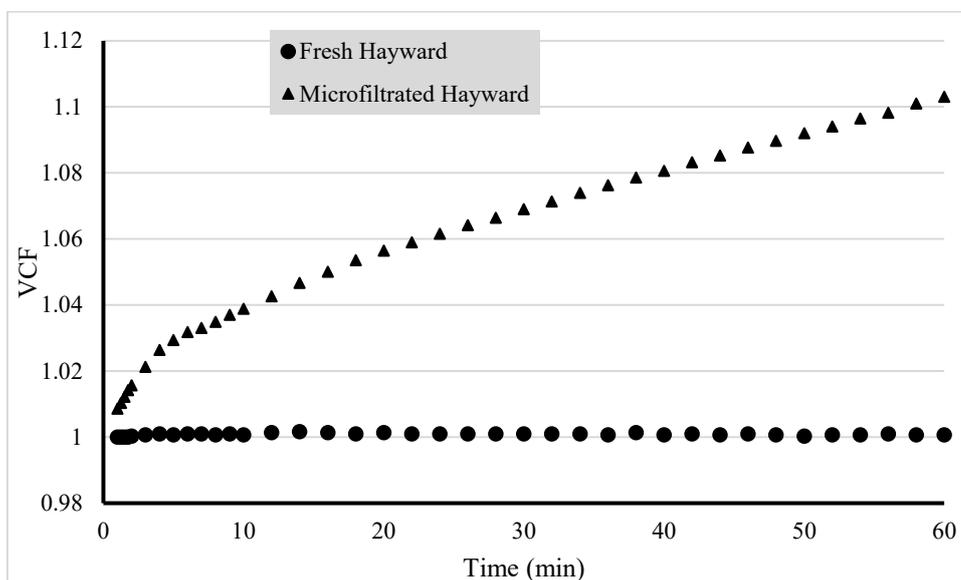


Fig. 11. The VCF change of nanofiltration process of kiwifruit juice with and without microfiltration pretreatment

و میزان VCF، محاسبه شد. همانطور که از شکل ۱۲ مشخص است در آب کیوی تازه به دلیل وجود ذرات معلق بسیار زیاد شاخص گرفتگی برابر با ۱۰۰ می باشد که به معنای گرفتگی کامل در غشا است. در تراوه حاصل از فرایند ریزپالایش میزان شاخص گرفتگی کمتر از آب کیوی تازه است که دلیل این امر شفاف سازی جزئی آن طی فرایند ریزپالایش می باشد.

### ۳-۶- بررسی شاخص گرفتگی فرایند شفاف سازی

آب کیوی توسط ریزپالایش

شاخص گرفتگی (Fouling Index) برای فرایند ریزپالایش پس از انجام آزمون و بررسی تغییرات شار تراوه

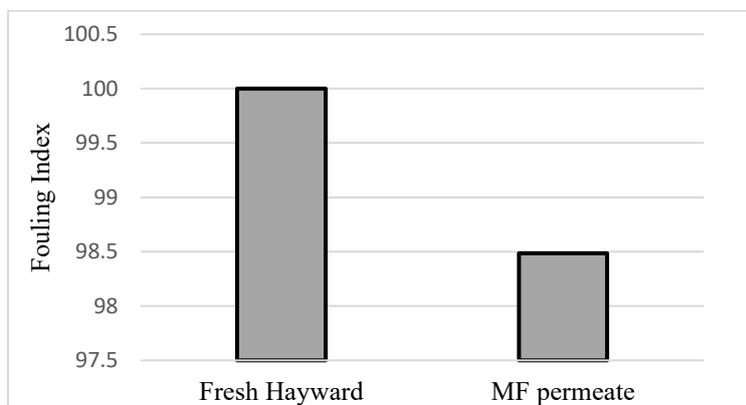


Fig. 12. Fouling index of the microfiltration process

ریزپالایش، نمودارهای مختلف برای معادله‌های نوشته شده بر طبق مدل هر میا رسم گردید که در ادامه به بررسی مکانیسم غالب گرفتگی پرداخته خواهد شد.

۳-۷- مکانیسم غالب گرفتگی در فرایند نانوفیلتراسیون به منظور بررسی مکانیسم غالب گرفتگی در فرایند نانوفیلتراسیون در دو خوراک آب کیوی تازه و تراوه فرایند

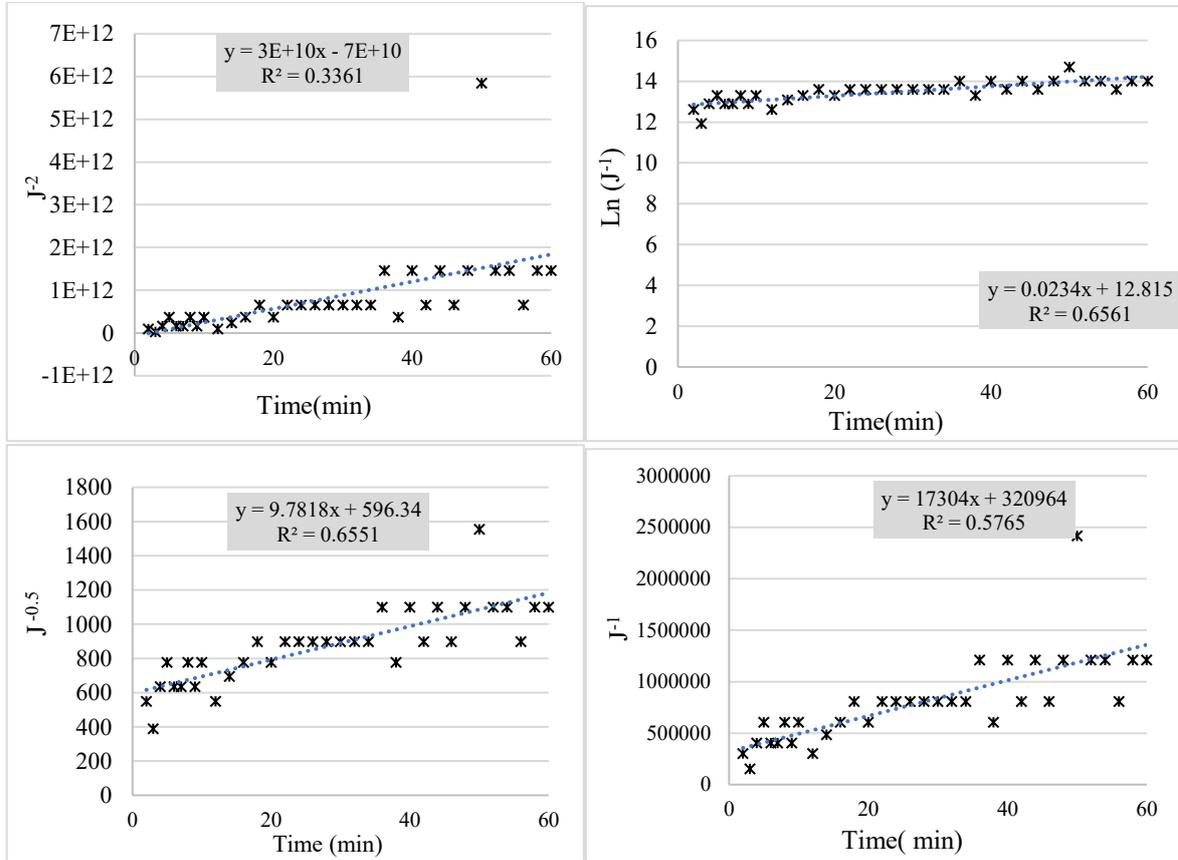
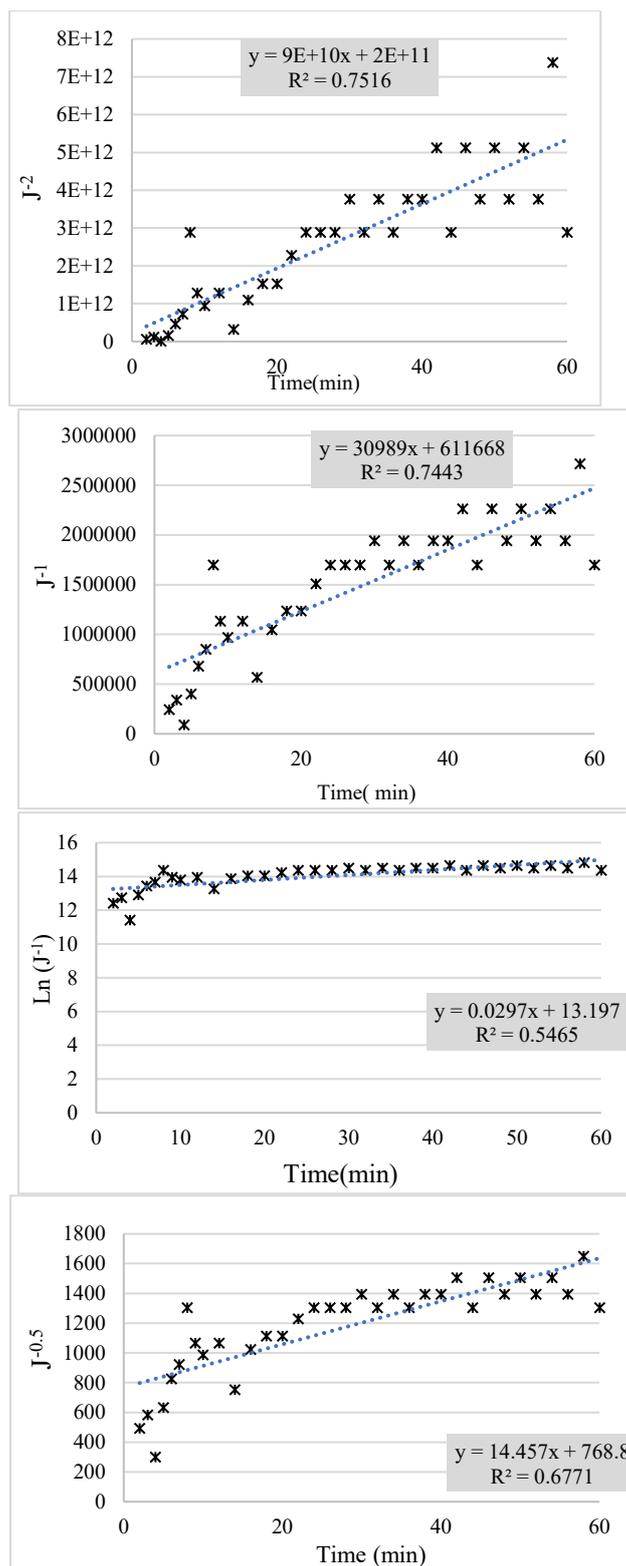


Fig. 13. The diagrams of Hermia's model during nanofiltration of kiwifruit juice with fresh fruit feed



**Fig. 14. The diagrams of Hermia's model during nanofiltration of kiwifruit juice with permeate of microfiltration feed**

بر طبق شکل‌های شماره ۱۳ و ۱۴، نمودار  $\ln j^{-1}$  و  $J^{-2}$  به ترتیب نسبت به زمان دارای بیشترین میزان خطی بودن در بین بقیه نمودارها بودند. به همین دلیل گرفتگی کامل، شاخص غالب گرفتگی طی فرایند

در ناتراوه فرایند نانوفیلتراسیون تغلیظ شده و مقادیر آن بالاتر از آب کیوی تازه می‌باشد. لازم به ذکر است ترکیبات پلی فنلی تا حدود ۷ برابر و ترکیبات فلاونوئیدی حدود ۱۰ برابر تغلیظ شدند. با توجه به اعمال فرایند ریزپالایش، ذرات معلق و درشت مولکول موجود در آب کیوی تازه تا حدودی حذف شده و به دنبال آن هنگام فرایند نانوفیلتراسیون از ایجاد گرفتگی شدید در غشا کاسته شد و با ادامه یافتن فرایند نانوفیلتراسیون، ترکیبات مغذی در آب کیوی تغلیظ شدند. با توجه به اینکه امکان گیر افتادن مقادیر قابل توجهی از ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در لایه کیک پیش فرایند وجود داشت اما فرایند نانوفیلتراسیون توانست این کاهش ناشی از گرفتگی را جبران نموده و در نهایت باعث افزایش قابل توجه غلظت این ترکیبات در محصول تغلیظ شده نهایی شود. همچنین نتایج نشان داد که میزان pH و TSS پس از تغلیظ غشایی تغییر چندانی نداشته است و خاصیت آنتی‌اکسیدانی نیز تغییری نکرده که علت آن خنثی شدن اثرات تغلیظ ترکیبات فنلی توسط تخریب ویتامین C در حین فرایند غشایی و به دام افتادن این ترکیب در لایه کیک غشا است.

نانوفیلتراسیون با خوراک آب کیوی تازه بوده و گرفتگی غالب طی فرایند نانوفیلتراسیون با خوراک تراوه فرایند ریزپالایش از نوع کیک بوده است. لیو و همکارانش در سال ۲۰۲۱ با استفاده از مدل هرمیا گرفتگی کیک را به عنوان شاخص گرفتگی غالب در شفاف‌سازی آب چغندر بیان کردند [۱۹].

### ۳-۸- اثر نانوفیلتراسیون با پیش فرایند ریزپالایش بر خواص فیزیکوشیمیایی آب کیوی

پس از انجام آزمون ریزپالایش، تراوه حاصل از آن وارد فرایند نانوفیلتراسیون شد و تغلیظ آن تا VCF برابر با ۴ صورت گرفت و خواص فیزیکوشیمیایی در ناتراوه فرایند نانوفیلتراسیون مورد سنجش قرار گرفت.

شکل شماره ۱۵ خواص فیزیکوشیمیایی آب کیوی تغلیظ شده توسط نانوفیلتراسیون پس از پیش فرایند ریزپالایش را نشان می‌دهد. ترکیبات فلاونوئیدی و پلی فنلی

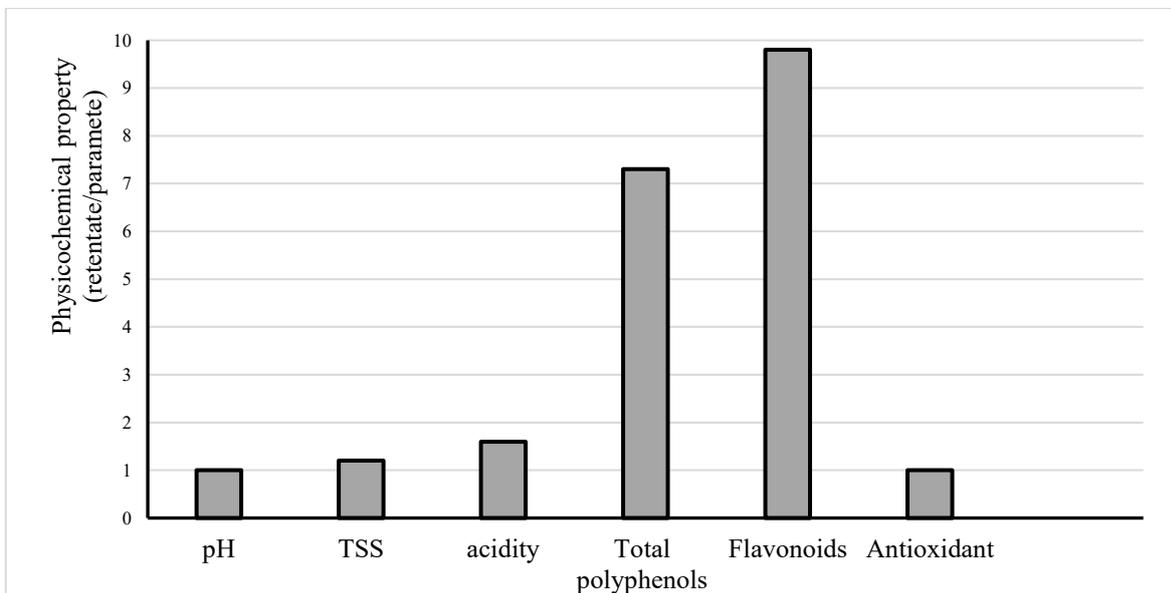


Fig. 15. The effect of nanofiltration with microfiltration pretreatment on the physicochemical properties of kiwifruit juice

به کار گیری پیش فرایند ریزپالایش سبب کاهش میزان ترکیبات معلق و درشت مولکول در آب کیوی تازه شده و

۴- نتیجه گیری کلی

## رضایت نامه کتبی

رضایت نامه کتبی و آگاهانه از همه شرکت کنندگان در مطالعه اخذ شد.

## تعارض منافع

نویسندگان اعلام کردند که هیچ گونه تعارض منافع ندارند.

## بیانیه دسترسی ها

داده های پژوهش به اشتراک گذاشته نمی شوند.

زمینه را برای استفاده از غشای نانوفیلتراسیون با اندازه منفذ بسیار کوچک فراهم کرده به طوری که گرفتگی در این غشا به دلیل کاهش چشمگیر ترکیبات بزرگ مولکول کمتر و دیرتر از زمانی که آب کیوی تازه وارد فرایند نانوفیلتراسیون شود، اتفاق افتاده و راندمان تولید محصول بالاتر می رود. ادامه دادن فرایند نانوفیلتراسیون و رسیدن به VCF حداقل برابر با ۴ سبب تغلیظ ترکیبات مغذی در آب کیوی شده و

به همین جهت پیش تیمار آب کیوی با فرایند ریزپالایش و سپس تغلیظ آن تا VCF برابر با ۴ توسط فرایند نانوفیلتراسیون می تواند به عنوان یک روش قابل انجام و موثر در تغلیظ آب کیوی ارائه شود.

## ۵-منابع

- [1] M, Ghasemnejad, R, Gurbanlipour and J, Fattahi Moghadam, (2018). The effect of harvesting time on the antioxidant capacity and storage quality of kiwifruit of the Hayward variety. - Behzra'i Keshavarzi Journal, Volume 13, Number 1, Spring 2018, p. 55
- [2] Pal, R. S., Kumar, V. A., Arora, S., Sharma, A. K., Kumar, V., & Agrawal, S. (2015). Physicochemical and antioxidant properties of kiwifruit as a function of cultivar and fruit harvested month. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58(2), 262–271. <https://doi.org/10.1590/s1516-8913201500371>
- [3] Gurbuz, I. B., Ozkan, G., & Er, S. (2024). Exploring Kiwi Fruit Producers' Climate Change Perceptions. *Applied Fruit Science*, 66(2), 475–483. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-01021-4>
- [4] Javadi, Shiddukht, and Nasiri, Seyed Mehdi. (2015). Application of acoustic method to estimate the firmness of kiwi fruit during storage. *Journal of food science and technology (Iran)*, 13(59), 143-150. SID. <https://sid.ir/paper/72355/fa>
- [5] Zolfaghari, Mahboobe, Sahari, Mohammad Ali, and Barzegar, Mohsen. (1390). Changes of mineral elements of some Iranian kiwi cultivars during cold storage. *Journal of food science and technology (Iran)*, 8(29), 33-38. SID. <https://sid.ir/paper/72193/fa>
- [6] Cassano, A., Donato, L., Conidi, C., & Drioli, E. (2008). Recovery of bioactive compounds in kiwifruit juice by ultrafiltration. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(4), 556–562. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.03.004>
- [7] Silva, S. S., Justi, M., Chagnoleau, J., Papaiconomou, N., Santos, A. O., Passos, H., Ferreira,

A. M., & Fernandez, X. (2023). Using biobased solvents for the extraction of phenolic compounds from kiwifruit industry waste. 304(July 2022). <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122344>

[8] Wang, J., Vanga, S. K., & Raghavan, V. (2019). High-intensity ultrasound processing of kiwifruit juice: Effects on the ascorbic acid, total phenolics, flavonoids and antioxidant capacity. *LWT*, 107(August 2018), 299–307. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.024>

[9] Soares, M. V. L., Alves Filho, E. G., Silva, L. M. A., Novotny, E. H., Canuto, K. M., Wurlitzer, N. J., Narain, N., & de Brito, E. S. (2017). Tracking thermal degradation on passion fruit juice through Nuclear Magnetic Resonance and chemometrics. *Food Chemistry*, 219, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.127>

[10] Alami, Azam, Imam Jomeh, Zahra, and Mirzaei, Habib Elah. (2011). The effect of concentration pressure and temperature on some quality characteristics of watermelon juice. *Journal of food science and technology (Iran)*, 9(34), 37-44. SID. <https://sid.ir/paper/71917/fa>

[11] Zaki-pour-Molkabadi, Ismail, Hamidi Esfahani, Zohra, and Abbasi, Suleiman. (1389). Formulation of fruit roll from kiwi fruit waste. *Journal of food science and technology (Iran)*, 6(4), 263-270. SID. <https://sid.ir/paper/143470/fa>

[12] Cassano, A., Conidi, C., & Drioli, E. (2010). Physico-chemical parameters of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice clarified by microfiltration and ultrafiltration processes. *Desalination*, 250(3), 1101–1104. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.117>

[13] Parvarei, M, Khorshidian, N, Yousefi, M, Zendeboodi, F, Mirsaedghazi, H. (2022). Effect of membrane clarification on the physicochemical

properties of fruit juices: a review. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Research*, 41(10), 1-14. [10.30492/ijcce.2021.533304.4818](https://doi.org/10.30492/ijcce.2021.533304.4818)

[14] Arriola, N. A., dos Santos, G. D., Prudêncio, E. S., Vitali, L., Petrus, J. C. C., & Castanho Amboni, R. D. M. (2014). Potential of nanofiltration for the concentration of bioactive compounds from watermelon juice. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(9), 2052–2060. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12513>

[15] Satyannarayana, K. V. V, Sandhya Rani, S. L., & Vinoth Kumar, R. (2023). Clarification of citrus fruit juices using microfiltration technique equipped with indigenously developed novel ceramic membrane. *Journal of Food Science and Technology*, 60(7), 2001–2011. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05734->

[16] K. V. V. Satyannarayana and R. V. Kumar, “Tangential microfiltration of lime and pineapple juices using inexpensive tubular ceramic membrane and analysis of fouling mechanism,” *Appl. Food Res.*, vol. 3, no. 1, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.afres.2023.100284.

[17] Domingues, R. C. C., Ramos, A. A., Cardoso, V. L., & Reis, M. H. M. (2014). Microfiltration of passion fruit juice using hollow fibre membranes and evaluation of fouling mechanisms. *Journal of Food Engineering*, 121(1), 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.07.037>

[18] Mejia, J. A. A., & Yáñez-Fernandez, J. (2021). Clarification processes of orange prickly pear juice (*Opuntia* spp.) by microfiltration. *Membranes*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/membranes11050354>

[19] L. Liu, H. Zhang, X. Chen, Y. Wan, and J. Luo, “Deconstruction and reconstitution of fouling layer in decolorization of cane juice by nanofiltration membrane,” *Adv. Membr.*, vol. 1, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.advmem.2021.100010.



## Scientific Research

## The effect of microfiltration pretreatment on the concentration efficiency of kiwifruit juice

Amir Pourmoradian<sup>1,2</sup>, Hossein Mirsaedghazi<sup>1,2\*</sup>, Seyed Abbas Mousavi<sup>3</sup>

- 1- Department of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.
- 2- Membrane Processes Lab., Faculty of Agricultural Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. Tel/Fax: +982136040910
- 3- Department of Chemical and Petroleum Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Article History:</b></p> <p>Received: 2024/06/24</p> <p>Review: 2024/10/26</p> <p>Accepted: 2024/10/27</p> <hr/> <p><b>Keywords:</b></p> <p>Microfiltration, Membrane Process, Kiwifruit juice, Concentration, Nanofiltration</p> <hr/> <p><b>DOI:</b> 10.48311/fsct.2026.83817.0</p> <p>*Corresponding Author E- mirsaeed@ut.ac.ir</p>	<p>Kiwi has high antioxidant properties due to high amounts of ascorbic acid (vitamin C) and polyphenolic and flavonoid compounds and is widely consumed in the world. Kiwi juice is very popular due to its easy consumption and longer shelf life than its fruit. Processes such as concentration and clarification require the use of high temperatures or pressures, which cause the reduction of heat-sensitive compounds and the formation of undesirable compounds in the color, taste, and aroma of fruit juices. Nanofiltration is a suitable alternative for thermal processes in fruit juices due to its cost-effectiveness, high efficiency, no need for high temperature and pressure, and simplicity in carrying out the process. In this research, kiwifruit juice (variety of Hayward) was first subjected to a microfiltration process with a polyvinylidene difluoride (PVDF) membrane with a pore size of 0.22 μm and the permeate was entered into the nanofiltration process with a polyamide membrane with a cut-off of 400 Da and the process continued until the concentration of nutritional compounds. After the membrane process, in addition to determining the dominant fouling index by the Hermia model, the physicochemical properties of kiwi fruit juice such as acidity, total soluble solids, turbidity, pH, total polyphenolic and flavonoid compounds, and antioxidant properties were measured. Microfiltration and then performing the nanofiltration process resulted in the concentration of nutritional compounds that by reaching the volume concentration factor equal to 4, polyphenolic compounds increased 7 times (from about 0.0028 mg/100 cc sample to about 0.02 mg/100 cc sample) and flavonoid compounds increased about 10 times (from about 0.164 mg/100 cc sample to about 1.64 mg per 100 cc sample) were concentrated. Also, the fouling study showed that microfiltration as a pre-treatment caused the reduction of suspended particles in kiwifruit juice and delayed the fouling of the nanofiltration.</p>