

## تأثیر تیمارهای مختلف آب‌گیری بر برخی ویژگی‌های کیفی آب لیموترش جهرمی فراوری نشده

محمدهادی موحدنژاد<sup>۱</sup>، محمدهادی خوش‌تقاضا<sup>۲\*</sup> و سلیمان عباسی<sup>۳</sup><sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، <sup>۲</sup> دانشیار و <sup>۳</sup> استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱/۱۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۱/۲۵)

## چکیده

در این تحقیق تأثیر تیمارهای مختلف آب‌گیری بر خواص کیفی آب‌لیمو ترش مورد بررسی قرار گرفت. لیموترش مورد استفاده از نوع لایم جهرمی بود و آزمایشات با یک دستگاه آب‌گیری پرس ماریچی انجام گرفت. تیمارها عبارت بودند از: پارامترهای مکانیکی دستگاه آب‌گیر ماریچی شامل سرعت دورانی ماریچ (۲۷۰، ۳۶۰ و ۴۵۰ دور بر دقیقه)، فشار وارده بر تفاله (فشار کمینه، میانی و بیشینه) و پارامترهای پیش فراوری لیموترش قبل از آب‌گیری در پنج حالت شکلی (لیموترش کامل، نصف شده، چهار قاچ، پوست‌گیری شده و خراش خورده). اثر تیمارها بر برخی خصوصیات کیفی آب لیموترش (میزان لیمونین، پایداری فیزیکی، رنگ و میزان روغن پوست) به کمک یک طرح آماری (آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی) مورد مطالعه قرار گرفت. یافته‌ها نشان دادند که سرعت دورانی تأثیری روی شاخص روشنایی و مقدار لیمونین نداشته و کمترین میزان روغن در سرعت ۳۶۰ rpm مشاهده گردید. در پیش‌فراوری بی‌پوست کمترین میزان روغن (۰/۰۹٪)، لیمونین (۸/۳۳ ppm) و پایداری (۷۹/۷۶٪) مشاهده شد. در فشار متوسط نیز میزان روغن نسبتاً پایین و شدت روشنایی نسبتاً خوبی مشاهده شد و بهترین پایداری در فشار بیشینه دیده شد.

واژه‌های کلیدی: لیموترش، پیش‌فراوری، آب‌لیمو، پایداری فیزیکی، روغن پوست، شدت زردی، لیمونین

## مقدمه

گرفت. شاخص‌های کیفی نظیر گرانی و ویژه، بریکس، شاخص قهوه‌ای شدن و شاخص رنگ اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که در طی انبارداری میزان pH، اسید اسکوربیک و بریکس کاهش و شاخص قهوه‌ای شدن و شاخص رنگ افزایش یافت. (Ziena, 2000). طی پژوهشی ویژگی‌های بیوشیمیایی آب پنج نوع مرکبات (پرتقال خونی، پرتقال شیرین، لیموترش، ترنج و نارنج) توسط Meufida & Marzouk (2003) مورد بررسی قرار گرفت. از شاخص‌های کیفی ارزیابی شده می‌توان به راندمان آب‌گیری، اسیدیته و میزان قند اشاره کرد. از لحاظ اسیدیته و میزان قند کل، نارنج و لیموترش بالاترین اسیدیته و پرتقال خونی بالاترین میزان قند را دارا بودند. در بررسی دیگری اثر هورمون جیبرلیک و زمان استفاده از آن روی کیفیت پرتقال فراوری شده بررسی شد. در این پژوهش بازده آب‌گیری دو نمونه والنسیا و هملین با استفاده از این هورمون افزایش پیدا کرد. همچنین هورمون مذکور موجب کاهش میزان بریکس نیز شد (Matthew et al., 2002).

یکی از عوامل مهم تلخی در آب بیشتر مرکبات، ماده لیمونین<sup>۲</sup> می‌باشد، این ماده از خانواده لیمونوئیدها است (Kimball, 1999). در تحقیقی میزان لیمونین در قسمت‌های

لیموترش با نام علمی *Citrus-aurantifolia* از جزایر شرقی هند به ایران آمده است. لیمونها (Lemons) و لایمها (Limes) دو گروه عمده لیموترش‌ها می‌باشند. لیمونها در مقایسه با لایمها از نظر اندازه بزرگتر، میزان اسیدیته کمتر و معمولاً پوستی زرد رنگ و شکلی بیضوی دارند. لایمها دارای انواع ریز و درشت بوده و مهم‌ترین نوع آن که در ایران کشت می‌شود، لایم مکزیکی (Mexican Lime) می‌باشد (Fotoohi, 1998). لیموترش با سطح زیر کشتی برابر ۲۵۵۰۹ هکتار و با تولید سالانه ۳۲۶۸۸۶ تن و عملکردی معادل ۱۴۶۳۲ کیلوگرم در هکتار، حدود ۱۲ درصد تولید مرکبات کشور را شامل می‌شود (Anon., 2006).

در تحقیقی میزان اسیدیته، بریکس، روغن پوست، اسید اسکوربیک و فلاونوئید آب‌لیموی استخراج شده اندازه‌گیری شد. کمترین میزان روغن پوست مربوط به روش آب‌گیر فنجان‌پرسی (مربوط به شرکت ماشین‌های غذایی (FMC<sup>۱</sup>)) و بیشترین مربوط به روش ماریچ بود (Marin et al., 2001). در تحقیق دیگری کیفیت آب‌لیموترش طی انبارداری مورد ارزیابی قرار

\* نویسنده مسئول: khoshtag@modares.ac.ir

1. Food Machinery Company

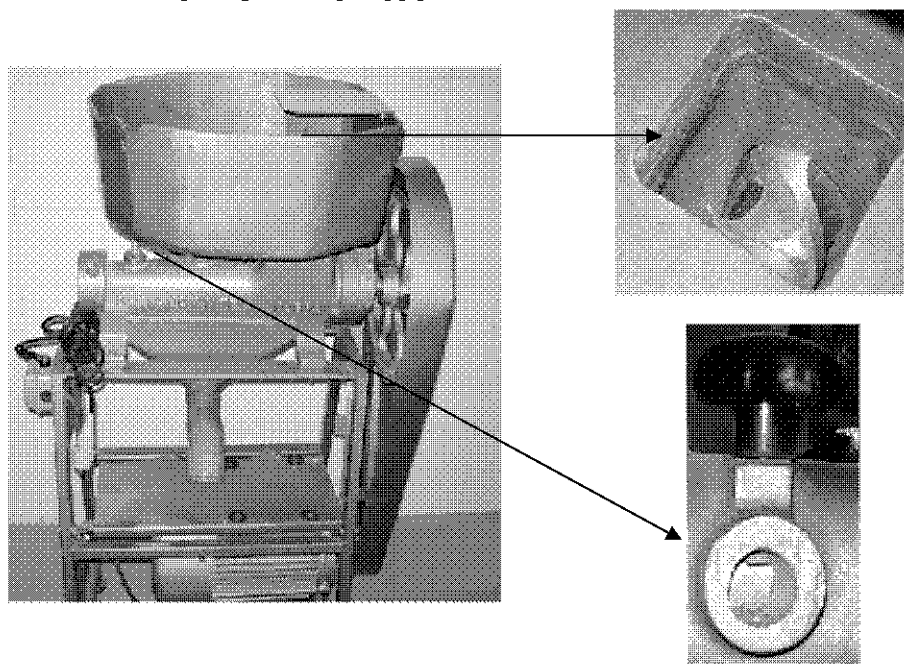
هدف پژوهش حاضر، بررسی تاثیر تغییر شاخص‌های عملکردی دستگاه آب‌گیری پرس ماریچی بر روی خواص کیفی آب‌لیمو ترش از قبیل رنگ، پایداری حالت ابری و کاهش میزان تلخی و روغن پوست می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

لیموترش مورد استفاده در این تحقیق از نوع لایم بوده که در شهرستان جهرم تولید و در زمان دوازدهم شهریور ماه ۸۴ برداشت شده بود. محصول در دمای ۱۰°C و رطوبت نسبی حدود ۸۰٪ در سردخانه نگهداری گردید. میانگین بریکس لیموترش مصرفی حدود ۸٫۴ درصد بود. برای انجام آزمایش‌ها از دستگاه آبگیر ماریچی (شکل ۱) با ظرفیت اسمی ۲۰۰ kg/h استفاده شد. حجم داخل هلیس حدود ۲۰۰ سی سی می‌باشد. روش آبگیری ماریچ در صنعت آبگیری لیموترش بیشترین کاربرد را دارد. همچنین با تغییراتی روی آن سرعت دورانی و فشار وارده بر تفاله قابل تغییر شد.

مختلف مرکبات اندازه‌گیری شد. میزان لیمونین در فلاویدو<sup>۱</sup> و آلبیدو<sup>۲</sup> بالا ولی در پوست قاچها<sup>۳</sup> پایین بود (Sun et al., 2005). در تحقیق دیگری نیز میزان لیمونین عصاره مرکبات با دستگاه HPLC اندازه‌گیری شد. در این پژوهش از طول موج ۲۱۰ nm و ستون C<sub>18</sub> استفاده نمود. زمان بازداری آن حدود ۱۱ دقیقه به دست آمده است (Tian et al., 2006). در تحقیقی نیز اثر تیمار امواج فرا صوت روی میزان لیمونین و رنگ آب مرکبات مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج مشخص شد که امواج فرا صوت تاثیری روی رنگ نداشته و با افزایش درصد پالپ آلبوه میزان لیمونین افزایش یافت (Valero et al., 2006). در پژوهشی نیز اثر پکتین روی پایداری آب لیمو بررسی شد. مشخص شد که فعالیت آنزیمی در pH پایین (اسیدی) سریعتر آلبیمو را ناپایدار می‌کند (Croaka & Corredig, 2006).

1. Flavedo
2. Albedo
3. Juice Vesicle



شکل ۱- دستگاه آبگیری ماریچ

به ترتیب قادر به ایجاد سرعت دورانی ماریچ ۲۷۰، ۳۶۰ و ۴۵۰ دور بر دقیقه بود. سرعت دورانی معمول حدود ۳۶۰ دور بر دقیقه بودند. به این دلیل دو محدوده بالا و پایین دیگر مشخص شد تا تاثیر افزایش و کاهش سرعت دورانی روی خواص کیفی مشخص شود.

**فشار وارده بر تفاله:** برای این منظور با تنظیم یک پیچ، سطح مقطع مجرای خروجی تفاله تغییر داده شد. در این تحقیق پیچ، در سه حالت پیچ تنظیم کاملاً باز (فشار کمینه)، تقریباً بسته (فشار بیشینه) و نیمه باز (فشار متوسط) قرار گرفت.

سه شاخص اصلی که آزمایش‌ها بر اساس آنها انجام گرفت شامل سرعت دورانی ماریچ، فشار وارده بر تفاله و پیش فرآوری لیموترش بود. برای بررسی اثر این شاخص‌ها روی بازده از طرح آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. آزمون دانکن نیز برای مقایسه میانگین‌ها به کار برده شد (Valizadeh & Moghadam, 2004; Yazdi Samadi et al., 2005). سطوح این متغیرها و نحوه‌ی تنظیم آنها در دستگاه عبارت بودند از:

**سرعت دورانی ماریچ:** برای ایجاد سرعت مختلف دورانی از سه پولی با قطرهای ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌متر استفاده شد که

داده شدند. سپس با خواندن ارتفاع هر فاز برحسب میلی‌متر، درصد حجمی هر فاز تعیین شد (Kimball, 1999).

۳- میزان لیمونین: برای به دست آوردن غلظت لیمونین ابتدا استانداردهای با غلظت‌های ۵۶/۴، ۳۷/۶، ۱۸/۸، ۵۲/۷ و ۳/۷۶ تهیه شد. سپس با تزریق تمام استانداردها به دستگاه HPLC<sup>۴</sup> برای هر غلظت، زمان بازداری و سطح زیر پیک در هر غلظت به دست آمد. با داده‌های به دست آمده رگرسیون خطی بین غلظت و سطح زیر پیک پردازش گردید تا معادله‌ی خط استاندارد به دست آید. در نتیجه با تزریق نمونه‌های اصلی و با به دست آوردن سطح زیر پیک در زمان بازداری و قرار دادن آن در معادله‌ی خطی استاندارد، غلظت هر کدام از نمونه‌ها به دست آمد (Abbasi et al., 2005).

۴- مقدار روغن پوست<sup>۵</sup> در آب‌لیمو: به دلیل پایین بودن میزان روغن پوست در آب‌لیمو با استفاده از حلال پروپانل و روش تیتراسیون میزان روغن موجود در آب‌لیمو اندازه‌گیری شد (Kimball, 1999).

### نتایج و بحث

اثر متغیرهای سرعت دورانی، پیش‌فرآوری و فشار وارده بر خواص کیفی لیموترش مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. جدول (۱) نتایج تجزیه واریانسی را نشان می‌دهد.

#### شدت رنگ

شدت روشنایی  $L^*$  [سباهی به سفیدی (۰ تا ۱۰۰)] و شدت زردی  $b^*$  [آبی به زردی (۱۰۰- تا ۱۰۰)] مورد مطالعه قرار گرفتند.

**شدت روشنایی  $L^*$ :** بر اساس جدول تجزیه واریانس (۱) اثرات متقابل دوگانه پیش‌فرآوری و فشار وارده بر تفاله و همچنین پیش‌فرآوری و سرعت دورانی ماریپیج در سطح ۹۹٪ و سرعت دورانی ماریپیج و فشار وارده بر تفاله در سطح ۹۵٪ معنادار شدند. بنابراین اثرات اصلی مورد بررسی قرار نگرفتند.

**الف- بررسی اثر متقابل سرعت دورانی ماریپیج و پیش‌فرآوری**  
روند تغییرات ضریب  $L^*$  که بین ۵۵ تا ۶۴ درصد نوسان داشت، تقریباً در تمام سطوح سرعت یکسان بود (شکل ۲). در دو سطح سرعت دورانی (۲۷۰ و ۳۶۰ دور بر دقیقه)، سه پیش‌فرآوری کامل، نصف شده و چهارچاق، شدت روشنایی آب‌لیموی استخراجی نسبت به دو حالت دیگر بیشتر می‌باشد. در سرعت ۴۵۰ rpm نیز همین روند وجود داشت. با این تفاوت

پیش‌فرآوری: در این مرحله پنج حالت برای نمونه‌های ورودی به دستگاه در نظر گرفته شد تا تاثیر حالت‌های مختلف لیمو در آبیگری مشخص گردد. این پنج حالت عبارت بودند از: ۱- لیموی کامل که هیچ تغییری در آن ایجاد نشده بود ۲- لیموی نصف شده که توسط چاقوی تیز عمود بر قطر بزرگ نصف شده بود ۳- لیموی چهار چاق که ابتدا مثل حالت قبل نصف و سپس هر قسمت عمود بر قطر متوسط دو نیمه گردیدند ۴- لیموی بی پوست که توسط رنده فلزی پوست‌گیری شدند ۵- لیموی خراش خورده که آنها نیز توسط رنده‌ی فلزی خراش داده شدند. روش معمول لیموی کامل است و در بعضی از روش‌های صنعتی از خراش دادن هم استفاده می‌گردد.

با توجه به سطوح متغیرها، تعداد تیمار آزمایش برابر ۴۵ سری بود که برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. در هر مرحله آبیگری میزان ۳۰۰ گرم (حجم نمونه معادل ۳۰۰ سی‌سی می‌باشد) لیموترش به طور تصادفی انتخاب و سپس در طی آبیگری جرم آب استخراجی از دستگاه و تفاله خروجی با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شد. آب‌لیمو توسط دو الک به ترتیب با مش ۳۰ و ۴۰ صاف گردید.

در این پژوهش بر اساس تغییرات سرعت دورانی ماریپیج، فشار وارده بر تفاله و پیش‌فرآوری لیموترش قبل از آبیگری، پنج شاخص کیفی شدت رنگ (b و L)، میزان پایداری و میزان روغن پوست و میزان لیمونین (میزان تلخی) با روش‌های ذیل اندازه‌گیری شد:

۱- شدت رنگ: با استفاده از دستگاه هانتربل (Hunter lab) شدت رنگ به دست آورده شد. این دستگاه با استفاده از میزان اختلاف فوتوالکتریک در نمونه، سه ضریب  $a^*$  (شدت قرمزی)،  $b^*$  (شدت زردی) و  $L^*$  (شدت شفافیت) و با X, Y, Z می‌دهد (Kimball, 1999).

۲- میزان پایداری: منظور از پایداری میزان چند فاز شدن در طی نگهداری می‌باشد. در آب‌لیمو سه فاز شامل فاز پالپ<sup>۱</sup> (ذراتی که روی آب‌لیمو) فاز شفاف<sup>۲</sup> (این فاز معمولاً بین دو فاز دیگر قرار می‌گیرد) و فاز لردی<sup>۳</sup> (این قسمت حالت لردی دارد و در کف مایع ته نشین می‌شود) وجود دارد. برای حذف فاز پالپی می‌توان با اعمال فرایند صاف کردن ذرات پالپی و شناور را از آب‌لیمو جداسازی نمود. در این تحقیق برای بدست آوردن میزان دو فاز اخیر، مایع استخراج شده درون لوله‌های مدرج ۱۰ سی‌سی ریخته و لوله‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای محیط قرار

1 . Pulp  
2 . Serum  
3 . Sediment

طبق نتایج در این قسمت میزان روشنایی در سه حالت کامل، نصف شده و چهار قاچ تا ۱۲/۵ درصد بیشتر بود. همچنین در فشارهای بالاتر نیز میزان شدت روشنایی تا ۲/۵ درصد افزایش یافت. در عوض سرعت دورانی تاثیر آنچنانی روی آن نداشت. علت اصلی که روی این پارامتر تاثیر می‌گذارد به احتمال زیاد وجود رنگ دانه‌های موجود در پوست می‌باشد.

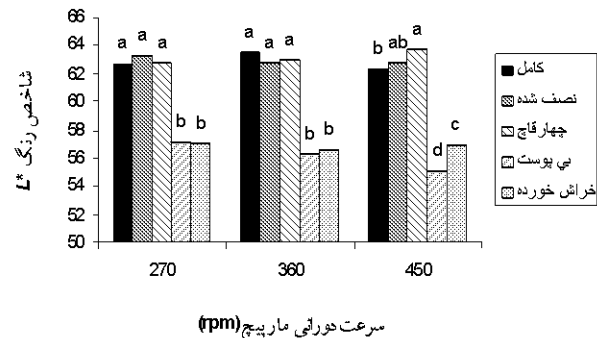
**شدت رنگ زرد\***: طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر متقابل سه گانه سرعت دورانی، پیش‌فرآوری و فشار وارده بر تفاله در سطح ۰/۹۹٪ معنادار شدند.

۱- اثر ساده سرعت دورانی ماریچ (در سطوح فشار وارده بر تفاله و پیش‌فرآوری): شدت زردی در سطح فشار کمینه در پیش‌فرآوری کامل و نصف شده با افزایش سرعت تا ۳/۵ درصد کاهش یافته و در بقیه سطوح پیش‌فرآوری تفاوت شدت رنگی بین سرعت‌های دورانی وجود ندارد. دلیل این امر شاید رنگ دانه‌های پوست بوده که در سرعت‌های بالا کمتر خارج می‌شود. در فشار متوسط شدت زردی در سطوح پیش‌فرآوری کامل و چهار قاچ نسبت به دو فشار دیگر کاهش یافته است. در دیگر سطوح پیش‌فرآوری و با سرعت‌های مختلف تفاوت زیادی در شدت زردی به وجود نمی‌آید. شدت زردی در سطح فشار بیشینه در سطوح خراش‌خورده، بی‌پوست و نصف شده با افزایش سرعت دورانی کاهش می‌یابد. ولی تغییر سرعت در دو سطح دیگر تفاوتی در شدت زردی نداده است (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل پیش‌فرآوری، سرعت دورانی ماریچ و فشار وارده بر تفاله بر شدت زردی

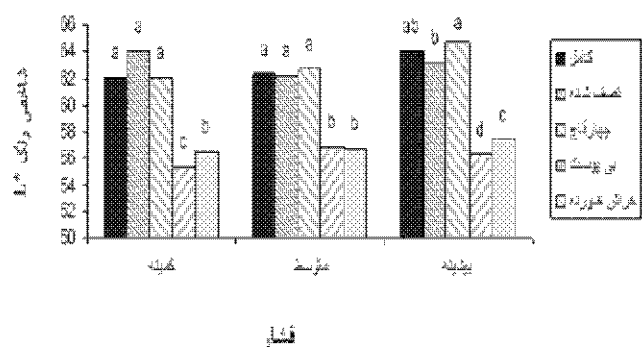
اثر ساده شاخص پیش‌فرآوری در سطوح سرعت دورانی ماریچ و فشار وارده بر تفاله			مقایسه میانگین		
فشار	پیش‌فرآوری	سرعت دورانی (دور بر دقیقه)			
		۴۵۰	۳۶۰	۲۷۰	
کمینه	کامل	۲۴/۶۳ <sup>b</sup>	۲۷/۶۷ <sup>b</sup>	۲۹/۱۳ <sup>a</sup>	
	نصف شده	۲۷/۱۱ <sup>a</sup>	۲۹/۳۴ <sup>a</sup>	۲۷/۸۰ <sup>ab</sup>	
	چهار قاچ	۲۶/۴۵ <sup>a</sup>	۲۴/۵۰ <sup>c</sup>	۲۶/۲۱ <sup>b</sup>	
	بی‌پوست	۱۷/۲۰ <sup>d</sup>	۱۸/۳۲ <sup>c</sup>	۱۸/۶۶ <sup>c</sup>	
	خراش‌خورده	۲۰/۷۳ <sup>c</sup>	۱۹/۷۸ <sup>d</sup>	۱۹/۷۴ <sup>c</sup>	
متوسط	کامل	۲۳/۷۵ <sup>c</sup>	۲۶/۰۴ <sup>a</sup>	۲۷/۴۹ <sup>a</sup>	
	نصف شده	۲۸/۰۶ <sup>a</sup>	۲۷/۲۲ <sup>a</sup>	۲۷/۷۰ <sup>a</sup>	
	چهار قاچ	۲۵/۶۷ <sup>b</sup>	۲۷/۲۲ <sup>a</sup>	۲۵/۳۰ <sup>b</sup>	
	بی‌پوست	۱۶/۴۳ <sup>c</sup>	۱۶/۷۳ <sup>c</sup>	۱۶/۴۸ <sup>d</sup>	
	خراش‌خورده	۲۰/۴۹ <sup>d</sup>	۱۹/۰۱ <sup>b</sup>	۱۸/۶۶ <sup>c</sup>	
بیشینه	کامل	۲۸/۳۸ <sup>a</sup>	۲۶/۸۰ <sup>a</sup>	۲۷/۶۷ <sup>a</sup>	
	نصف شده	۲۵/۹۱ <sup>b</sup>	۲۶/۸۰ <sup>a</sup>	۲۸/۲۷ <sup>a</sup>	
	چهار قاچ	۲۵/۴۰ <sup>b</sup>	۲۵/۲۷ <sup>b</sup>	۲۵/۹۱ <sup>b</sup>	
	بی‌پوست	۱۵/۲۱ <sup>d</sup>	۱۶/۷۵ <sup>d</sup>	۱۶/۴۳ <sup>d</sup>	
	خراش‌خورده	۱۸/۴۰ <sup>c</sup>	۱۸/۶۴ <sup>c</sup>	۲۰/۵۲ <sup>c</sup>	

که بین سه پیش‌فرآوری (کامل، نصف شده و چهار قاچ) تفاوت محسوسی وجود داشت. در آن سطوح حالت چهار قاچ روشنایی بیشتری نسبت به دو حالت دیگر داشت. همچنین در حالت بی‌پوست آبلیمو کدرتر از حالت خراش‌خورده بود. این امر احتمالاً به دلیل عدم وجود رنگ دانه‌های (از نوع کاروتنوئید می‌باشد) باقی مانده بر روی لیموی خراش‌خورده و پوست‌گیری شده بود. در همان راستا دلیل روشن‌تر بودن سه حالت اول لیمو به خاطر وجود پوست که حاوی رنگ دانه بوده، می‌باشد.



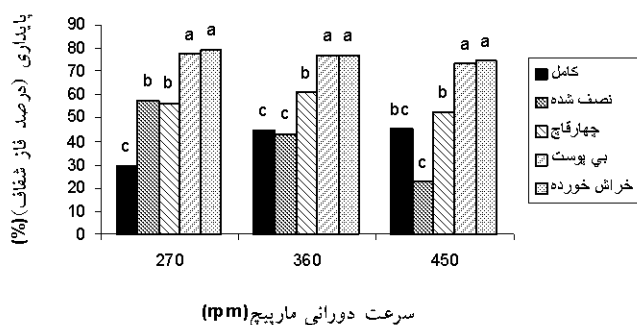
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل متغیرهای پیش‌فرآوری و سرعت دورانی بر روی شاخص رنگ  $L^*$  آب‌لیموی جهرمی

ب- بررسی اثر متقابل پیش‌فرآوری و فشار وارده بر تفاله با توجه به شکل (۳) روند تغییرات در دو فشار کمینه و متوسط تقریباً یکسان می‌باشد. روشنایی سه پیش‌فرآوری اول (کامل، نصف شده و چهار قاچ) نیز بیشتر از دو حالت آخر بود و بین آنها نیز تفاوت معناداری وجود نداشت. این روند در سطح فشار بیشینه نیز وجود داشت. با این تفاوت که بین سه حالت اول پیش‌فرآوری تفاوت شفافیت به چشم می‌خورد. شفافیت محصول در حالت چهار قاچ نسبت به دو حالت اول بیشتر می‌باشد. دلیل آن احتمالاً به خاطر صدمه‌ای است که به پوست وارد می‌شود. به علاوه در حالت خراش‌خورده به دلیل وجود رنگ دانه‌های بیشتر روی سطح لیمو، روشنایی محصول بیشتر از حالت بی‌پوست می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل پیش‌فرآوری در سطوح مختلف فشار بر روی شاخص رنگ  $L^*$  آب‌لیموی جهرمی

قرار می‌گیرند. کمترین پایداری نیز مربوط به دو حالت بی‌پوست و خراش‌خورده است (درصد فاز شفاف بیشتر می‌باشد). نکته مهم این است به دلیل استفاده از فرایند جداسازی و صاف کردن آب لیمو فاز پالپ به وجود نمی‌آید. در نتیجه فقط دو فاز لردی و لردی ایجاد می‌شود. هر چه نسبت فاز شفاف به فاز لردی بیشتر شود حاکی از ناپایداری بیشتر می‌باشد. زیرا پایداری زمانی بالا می‌باشد که آب‌لیمو به صورت ابری باقی بماند. در دو حالت بی‌پوست و خراش‌خورده به دلیل نداشتن یا کم بودن پوست، میزان مواد ابری‌کننده موجود در پوست به حداقل می‌رسد. در نتیجه احتمالاً به دلیل وجود فعالیت آنزیمی، پکتین در آب‌لیمو شکسته و آب‌لیمو از حالت ابری خارج شده و پایداری آن کاهش می‌یابد. اما در سه حالت اول به دلیل وجود مواد ابری‌کننده در پوست جلوی فعالیت آنزیمی که موجب شکستن پکتین و جدا شدن فاز شفاف از فاز لردی شده تا حدودی گرفته می‌شود. طبیعتاً پایداری بیشتری مشاهده می‌شود. علت بیشتر بودن کمتر بودن پایداری در دو حالت نصف شده و چهارچاق بودن نسبت به حالت کامل به دلیل برش خوردن این دو حالت و کاهش ورود مواد ابری‌کننده به آب‌لیمو می‌گردد (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه‌ی میانگین اثر متقابل پیش‌فرآوری و سرعت دورانی بر روی پایداری آب‌لیموی چهرمی

### ب- بررسی اثر اصلی فشار وارده بر تفاله

بر اساس شکل (۵) با افزایش فشار، مواد فیبری نامحلول پوست بیشتری وارد آب‌لیمو شده و در نتیجه پایداری افزایش می‌یابد. در حقیقت هر چه میزان مواد فیبری افزایش یابد از حجم فاز شفاف کاسته می‌شود. در کل پایداری با افزایش فشار افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج حاصله بالاترین پایداری در پیش‌فرآوری کامل اتفاق افتاد. فشار بیشینه دارای بالاترین پایداری بود. در تحقیقی نیز بر تاثیر معکوس pH بر میزان پایداری اشاره شد (Croaka & Corredig, 2006).

### میزان روغن پوست در آب‌لیمو

در این قسمت بر اساس تجزیه واریانس (جدول ۱) صورت گرفته هیچ کدام از اثرات متقابل معنادار نشدند. در نتیجه اثرات

۲- اثر ساده پیش‌فرآوری در سطوح سرعت دورانی ماریپیچ و فشار وارده بر تفاله: روند کلی آزمایش نشان دهنده بالا بودن شدت زردی تمام سطوح سرعت و فشار در سه حالت اول پیش‌فرآوری نسبت به حالات خراش‌خورده و بی‌پوست می‌باشد. دلیل این امر وجود رنگ دانه‌های زرد در لایه‌ی خارجی پوست می‌باشد. همچنین مشاهده گردید که در تمام سطوح شدت زردی بی‌پوست از خراش‌خورده کمتر می‌باشد. دلیل آن نیز به خاطر وجود مقدار کمی رنگ دانه‌ی زرد روی سطح خارجی لیموی خراش‌خورده می‌باشد. شدت زردی حالت کامل و نصف شده نسبت به چهارچاق و در سرعت ۲۷۰ و ۳۶۰rpm در تمام سطوح فشار بیشتر می‌باشد. اما در سرعت ۴۵۰rpm شدت زردی حالت کامل، کمتر از دو حالت دیگر می‌باشد. این مسئله احتمالاً به دلیل خروج ناگهانی آب‌لیمو از نمونه‌ها بوده، که موجب خروج کمتر رنگ دانه می‌گردد (جدول ۲).

۳- اثر ساده فشار وارده بر تفاله در سطوح پیش‌فرآوری و سرعت دورانی ماریپیچ: در سرعت ۲۷۰rpm در سه سطح اول پیش‌فرآوری تفاوتی بین حالات مختلف فشار وجود ندارد. ولی در سطح بی‌پوست فشار کمینه دارای شدت زردی بیشتر و میزان زردی فشار بیشینه از متوسط در سطح خراش‌خورده بیشتر می‌باشد. در سرعت ۳۶۰rpm، در تمام سطوح پیش‌فرآوری با افزایش فشار از شدت زردی کاسته می‌شود. همچنین در سطح آخر سرعت و با افزایش فشار در سطوح پیش‌فرآوری کامل و نصف شده شدت زردی افزایش یافت. در سطوح خراش‌خورده و بی‌پوست نیز با افزایش فشار، شدت زردی کاهش می‌یابد. در انتها در سطح چهارچاق و بین فشارهای مختلف تفاوت رنگی وجود ندارد (جدول ۲).

بر اساس نتایج حاصله، میزان زردی در حالت بی‌پوست به خاطر نبود رنگ دانه‌های زرد موجود در سطح پوست، در فشار بالا به دلیل ورود لرد بیشتر و در سرعت‌های بالاتر به دلیل خروج ناگهانی آب‌لیمو، کمتر می‌باشد.

### پایداری حالت ابری (درصد فاز شفاف) آب‌لیمو

طبق جدول تجزیه واریانس (۱) اثر متقابل سرعت دورانی ماریپیچ و پیش‌فرآوری در سطح ۹۵٪ و اثر اصلی فشار وارده بر تفاله در سطح ۹۹٪ بر پایداری معنادار شدند. لذا ضرورتی برای بررسی اثرات اصلی سرعت و پیش‌فرآوری وجود ندارد.

### الف- بررسی اثر متقابل سرعت دورانی ماریپیچ و پیش‌فرآوری

اثر ساده پیش‌فرآوری در سطوح سرعت دورانی ماریپیچ: طبق شکل (۴) تقریباً در تمام سطوح سرعت، پایداری روند ثابتی دارد. از نظر پایداری حالت کامل وضعیت بهتری دارد (فاز شفاف کمتری دارد). بعد از آن دو حالت نصف شده و چهارچاق

استحصالی نسبت به دو حالت خراش خورده و بی‌پوست وجود دارد. در حالت بی‌پوست نیز به خاطر جداسازی کامل پوست از لیمو میزان روغن در این حالت نسبت به حالت خراش خورده کمتر می‌شود (جدول ۳).

### ج- بررسی اثر اصلی فشار وارده بر تفاله

طبق نتایج با افزایش فشار، میزان روغن پوست در آب‌لیمو بالا می‌رود. البته در دو فشار متوسط و بیشینه مشاهده نمی‌شود. در فشار کمینه کاهش روغن پوست مشخص تر است (جدول ۳).

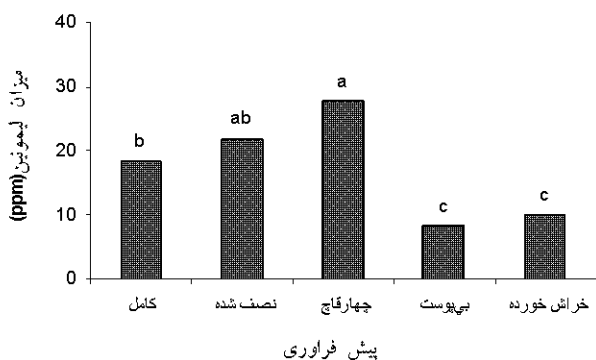
با بررسی نتایج حاصله معلوم شد که در سرعت ۳۶۰rpm و در حالات بی‌پوست و خراش خورده کمترین میزان روغن پوست در آب‌لیمو وجود دارد. همچنین در فشار وارده پایین‌تر بر تفاله، از میزان روغن پوست کاسته شد.

### میزان لیمونین در آب‌لیمو

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) غیر از اثر اصلی پیش‌فرآوری که در سطح ۹۹٪ معنادار شد، بقیه اثرات در سطح ۹۵٪ نیز معنادار نشدند. دلیل این مسئله تجمع لیمونین در هسته است. این فاکتور موجب می‌گردد که دو عامل فشار وارده بر تفاله و سرعت دورانی ماریچ با میزان لیمونین اثر نداشته باشد.

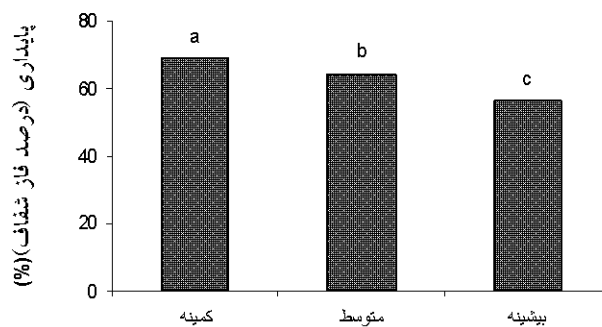
### الف- بررسی اثر اصلی پیش‌فرآوری

در پیش‌فرآوری چهارقاچ و نصف شده به دلیل صدمه خوردن هسته، مقدار لیمونین بیشتری به دست می‌آید. به علت وجود لیمونین در پوست، در پیش‌فرآوری کامل لیمونین بیشتری نسبت به دو حالت بی‌پوست و خراش خورده مشاهده گردید (شکل ۶). در تحقیقی نیز مشخص شد که در فلاویدو و آلیدو میزان لیمونین بالا می‌باشد که دلیل کم بودن لیمونین در دو حالت خراش خورده و بی‌پوست به دلیل نبود این دو لایه می‌باشد (Sun et al., 2005).



شکل ۶- مقایسه‌ی میانگین اثر اصلی پیش‌فرآوری بر روی میزان لیمونین آب‌لیموی چهرمی

اصلی مورد بررسی قرار گرفتند. اثرات اصلی سرعت دورانی ماریچ و پیش‌فرآوری در سطح ۹۹٪ و اثر اصلی فشار وارده بر تفاله در سطح ۹۵٪ معنادار شدند.



شکل ۵- نمودار مقایسه‌ی میانگین اثر اصلی فشار وارده بر تفاله بر روی پایداری آب‌لیموی چهرمی

### الف- بررسی اثر اصلی سرعت دورانی ماریچ

بر اساس نتایج در سرعت ۳۶۰rpm کمترین میزان روغن پوست (۰/۱۸٪) وجود داشت (جدول ۳). میزان روغن پوست در سرعت‌های دیگر تفاوتی با هم نداشتند. دلیل بالا بودن میزان روغن در سرعت ۲۷۰rpm، افزایش زمان آبیگری بوده که در نتیجه روغن بیشتری از پوست وارد آب‌لیمو می‌شود. با افزایش سرعت میزان روغن کاهش می‌یابد. البته در سرعت ۴۵۰rpm عمل ضربه موجب صدمه زدن به بافت پوست لیمو می‌شود. با اینکه زمان پرس بسیار کاهش می‌یابد. اما صدمات وارده بر پوست تاثیر گذاشته و موجب افزایش میزان روغن پوست می‌شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی سرعت دورانی ماریچ، فشار وارده

بر تفاله و پیش‌فرآوری بر میزان روغن پوست			
مقایسه	اثر اصلی فشار وارده بر تفاله	مقایسه	اثر اصلی سرعت دورانی
۰/۱۹ <sup>b</sup>	کمینه	۰/۲۲ <sup>a</sup>	rpm ۲۷۰
۰/۲۱ <sup>a</sup>	متوسط	۰/۱۸ <sup>b</sup>	rpm ۳۶۰
۰/۲۲ <sup>a</sup>	بیشینه	۰/۲۲ <sup>a</sup>	rpm ۴۵۰
مقایسه میانگین‌ها		اثر اصلی پیش‌فرآوری	
۰/۳۵ <sup>a</sup>		کامل	
۰/۳۴ <sup>a</sup>		نصف شده	
۰/۳۱ <sup>a</sup>		چهارقاچ	
۰/۰۹ <sup>c</sup>		بی‌پوست	
۰/۱۱ <sup>b</sup>		خراش خورده	

### ب- بررسی اثر اصلی پیش‌فرآوری

به دلیل داشتن پوست در سه پیش‌فرآوری کامل، نصف شده و چهارقاچ میزان بالاتری روغن پوست در آب‌لیموی

## نتیجه‌گیری

به دلیل ساده‌تر بودن روش فراوری آن نسبت به حالت بی‌پوست توصیه می‌شود. پایداری در این دو حالت پایین‌ترین مقدار (به ترتیب ۷۹/۷۶ و ۷۷/۷۲%) را داشتند. بر اساس نتایج حاصله بهترین فشار وارده بر تفاله، فشار متوسط بود. در این فشار شدت روشنایی نسبتاً خوب و میزان روغن کمتری از سایر فشارها مشاهده گردید. نتایج نشان داد که میزان زردی در حالت بی‌پوست و در فشار بالا و در سرعت‌های بالاتر کمترین ( $b^* = 15/21$ ) را داشت.

سرعت دورانی تاثیر معناداری بر خواصی چون شدت روشنایی و میزان لیمونین آب لیمو ترش نداشت. با بررسی حالات مختلف پیش فراوری این نتیجه گرفته می‌شود که، بهترین حالت شکلی مربوط به پیش‌فراوری خراش خورده و بی‌پوست می‌باشد، که میزان روغن (به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۰۹٪) و میزان لیمونین به ترتیب ۹/۸۱ و ۸/۳۳ppm برای این دو پیش‌فراوری بهترین بود. در نتیجه پیش‌فراوری خراش خورده

## REFERENCES

- Abbasi, S., Zandi, P., & Mirbagheri, E. (2005). Quantitation of limonin in Iranian orange juice concentrates using high performance liquid chromatography and spectrophotometric methods. *European Food Research and Technology*, 220 (3), 237-245.
- Anonymous. (2006). Agriculture Database of FAO-STAT. Available on the <http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&hasbulk=0&version=ext&language=EN>.
- Croaka, S., & Corredig, M. (2006). The role of pectin in orange juice stabilization: Effect of pectin methylesterase and pectinase activity on the size of cloud particles. *Food Hydrocolloids*, 20, 961-965.
- Fotoohi Ghazvini R. (1998). *Citrus Breeding in Iran*. Gilan University Publisher (In Farsi).
- Kimball, D. A. (1999). *Citrus Processing (A Complete Guide)*. Aspen: Haworth Press, USA.
- Marin, F. R., Martinez, M., Uribealago, T., Castillo, S. and Frutos, M. J. (2001). Changes in nutraceutical composition of lemon juices according to different industrial extraction system. *Food Chemistry*, 78, 167-245.
- Matthew, W. F., Frederick, S. D., & Craig, A. C. (2002). Gibberellic acid application timing affects fruit quality of processing oranges. *Hort Science*, 37 (2), 353-357.
- Meufida, S. & Marzouk, B. (2003). Biochemical characterization of blood orange, sweet orange, lemon, bergamot and bitter orange. *Phytochemistry*, 62, 1283-1289.
- Sun, C., Chen, K., Chen, Y., & Chen, O. (2005). Contents and antioxidant capacity of limonin and nomilin in different tissues of citrus fruit of four cultivars during fruit growth and maturation. *Food Chemistry*, 93, 599-605.
- Tian, Q., Miller, G. E., Jayaprakasha, G.K., & Patil, B. S. (2006). An improved HPLC method for the analysis of citrus limonoids in culture media. *Journal of Chromatography*, 846, 385-390.
- Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Mun˜oz N., Marti', N., & Lizama, V. (2006). Effects of ultrasonic treatments in orange juice processing. *Journal of Food Engineering*, 80, 509-516.
- Ziena, H. M. S. (2000). Quality attributes of Bearss seedless lime (*Citrus latifolia* Tan) juice during storage. *Food Chemistry*, 71, 167-177.
- Yazdi Samadi, B., Rezaee, A., & Valizade, M. (2005). *Statistical Designs in Agriculture Research*, Tehran University (In Farsi).
- Valizadeh, M. & Moghadam, M. (2004). *Experimental Designs In Agriculture*. Parivar, Tabriz (In Farsi).

