

بررسی کمی و کیفی لاستیک طبیعی در شیرابه و گیاه کامل دو گونه فریون: افوربیا لاریکا و افوربیا تیروکالی

The Quantitative and Qualitative Study on Natural Rubber Latex of *Euphorbia Larica* Boiss and
Euphorbia Tirucalli L. and the Whole Plants

حسن ابراهیمزاده، شمس‌الصحی ابوالمعالی

دانشگاه تهران، دانشکده علوم، گروه ریست‌شناسی

دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۶، پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۲۷

چکیده

لاستیک طبیعی، پلی‌ایزوپرن با وزن مولکولی بالاست. استفاده فراوان از این ماده در صنایع و بیمارستانها و بالابودن هزینه‌های تهیه آن، محققان را بر آن داشته است که در پی کشف منابع جدیدی از لاستیک طبیعی باشند. در این پژوهش، اندازه‌گیری مقدار لاستیک در ساقه و تیره خام گیاه کامل دو گونه فریون در فصلهای مختلف سال نشان می‌دهد که مقدار لاستیک طی فصل بهار در ساقه افوربیا لاریکا و طی فصل زمستان در ساقه افوربیا تیروکالی بیشتر میزان و در تیره خام این دو گونه طی فصلهای پاییز و تابستان حداکثر مقدار خود را داراست. درجه خلوص لاستیک استخراج شده از ساقه و تیره خام با استفاده از روشهای طیف‌سنجی IR و $^1\text{H NMR}$ تعیین شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسیهای انجام شده روی وزن مولکولی متوسط لاستیک حاکی از آن بود که میانگین وزنی وزن مولکولی لاستیک بدست آمده از شیرابه خام گونه افوربیا لاریکا در فصل زمستان 1.2×10^5 و گونه افوربیا تیروکالی برابر 1.7×10^5 است. همین‌طور، لاستیکهای بدست آمده از این دو گونه به ترتیب در فصل بهار و تابستان بیشترین و در فصل پاییز و بهار، کمترین میانگین عددی وزن مولکولی را داراست.

واژه‌های کلیدی: افوربیا لاریکا، افوربیا تیروکالی، افوربیا، لاستیک طبیعی، لاتکس (شیرابه)

Key Words: *Euphorbia larica*, *Euphorbia tirucalli*, *Euphorbiaceae*, natural rubber, latex

مقدمه

گیاهان سر از انرژی خورشیدی برای تولید محصولات بسیار متفاوت استفاده می‌کنند. مواد محرک پوست، مشتقات دی‌سریلنی سرطازا (استرهای افوربول)، مومها، تاننها (ترکیبات فنولی)، روغن‌ها و مشتقات آنها (اسیدهای چرب و اسیدهای روزینی) و سرانجام هیدروکربنهای پلی‌ایزوپرنی (لاستیک طبیعی) از مواد تولید شده در این گیاهانند [۱-۳]. لاستیک طبیعی پلی‌ایزوپرن با وزن مولکولی زیاد و با فرمول

پایه $(\text{C}_{10}\text{H}_{16})_n$ است [۴]. این ماده به فراوانی در خانه‌ها، صنایع و بیمارستانها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مصرف لاستیک طبیعی در این موارد به حدی بالاست که کشورهای مختلف سالانه دهها میلیون دلار برای تأمین آن هزینه می‌کنند. این ضرورت توجه محققان را جلب کرد و تقریباً از اوایل دهه ۸۰ میلادی تحقیقات گسترده‌ای برای تولید لاستیک طبیعی آغاز شد [۵].

در ایران نیز لاستیک طبیعی از مواد اولیه ضروری برای صنایع

استفاده شد. ابتدا، شیرابه خام یک بار با کترورفرم و ۶ بار با ۲۵ ml استون به مدت ۱۵ دقیقه استخراج شد. سپس، مراحل استخراج و تخلیص پلی‌ایزوپرن همانند استخراج از گیاه کامل ادامه یافت.

دستگاهها

- ۱- رزونانس مغناطیسی هسته (NMR): به این منظور از کترورفرم دو تریوم‌دار و دستگاه پروکر مدل ۸۰ استفاده شد.
- ۲- طیف‌سنجی زیرقرمز (IR): پلی‌ایزوپرن محلول در تولوئن با کمک جریان هوای خشک روی بلور سدک (NaCl) قرار داده شد و طیف آن با استفاده از دستگاه شیماسو مدل ۴۳۰۰ بدست آمد.
- ۳- کروماتوگرافی زل تراوایی (GPC): وزن مولکولی متوسط ترکیب پلی‌ایزوپرنی با استفاده از دستگاه GPC واترز مدل ۱۵۰C، ستون Ultrastaygel، حلال (فاز متحرک) تتراهیدروفوران (THF) و پلی‌استیرین به عنوان استاندارد معین شد [۱۰].

نتایج و بحث

نتایج کمی

گیاه کامل

ساقه افوربیا لاریکا در فصل بهار و ساقه افوربیا تیروکالی در فصل زمستان بیشترین مقدار لاستیک را دربردارد. درصد موم نیز در ساقه افوربیا لاریکا در فصل بهار و در ساقه افوربیا تیروکالی در فصل زمستان بیشترین مقدار را نشان می‌دهد (جدول ۱). این نتایج با کار فانگمیر و همکاران روی ۵ گونه از گیاه واپوله (Guayule) طی دو سال متوالی مطابقت دارد [۹]. همچنین داراک و پلینگ در پژوهشهای جداگانه‌ای مشاهده کردند که ورود استات و موالونات در شیرابه درختان هه‌آ در اواخر زمستان به حداکثر می‌رسد [۱۲].

شیرابه خام

شیرابه افوربیا لاریکا در فصل پاییز و شیرابه افوربیا تیروکالی در فصل تابستان دارای بیشترین درصد لاستیک است. درصد موم در شیرابه افوربیا لاریکا در فصل پاییز و در شیرابه افوربیا تیروکالی نیز در فصل پاییز که درصد لاستیک نزدیک به فصل تابستان است به حداکثر می‌رسد (جدول ۱).

این نتیجه با شواهد بدست آمده از کارهای پلینگ که در آنها ورود استات و موالونات در شیرابه هه‌آ در فصل پاییز به صفر نزدیک می‌شود مغایرت دارد [۱۲]. ذخیره‌سازی شیرابه‌های فصل پاییز افوربیا لاریکا به مدت ۶ ماه در آزمایشگاه، نسبت به شیرابه تازه فصل

مختلف بشمار می‌رود و نپیه آن سالانه حدود ۵۰ میلیون دلار هزینه دربردارد [۶]. به همین علت پایه‌ریزی مطالعاتی روی گیاهان شیرابه‌ای ایران لازم به نظر می‌رسید. در این راستا مهم‌ترین تیره گیاهان شیرابه‌ای یعنی افوربیا سیه (Euphorbiaceae) [۷] انتخاب و مطالعات در این زمینه بر روی دو گونه درختچه‌ای افوربیا لاریکا (Euphorbia tarica) و افوربیا تیروکالی (Euphorbia tirucalli) از تیره یادشده آغاز شد.

در این پژوهش، علاوه بر تعیین مقدار لاستیک طبیعی، موم و دیگر اجزای شیرابه، کیفیت و همچنین وزن مولکولی متوسط لاستیک بدست آمده در مورد هر دو گیاه معین شد.

تجزیه

مواد و روشها

گونه افوربیا لاریکا که محل پراکندگی آن در لارستان، بندرعباس، بوشهر و ساحل دریای عمان تا ارتفاع ۱۳۰۰ m است، از جاده میناب-بندرعباس (۱۵ کیلومتری بندرعباس و ارتفاع ۱۳۰ m از سطح دریا) جمع‌آوری شده است. گونه افوربیا تیروکالی از ایستگاه تحقیقات کشاورزی تیس در چابهار بدست آمد. این گونه در تربت، قصرقند، مکران، چابهار و نیک‌شهر پراکنده است [۸].

مقدار ۱۰ g از ساقه‌های به قطر ۵/۰ تا ۱ cm گونه افوربیا لاریکا و به قطر ۱ cm از گونه افوربیا تیروکالی، به مدت ۲ دقیقه در کترورفرم برای انحلال موم شناور شد و پس از جداسازی قسمت‌های چوبی شده، قطعاتی با ضخامت ۱ mm از پوست ساقه تهیه شد. این قطعات در ۲۰ ml استون بوسیله همزن شگنر شد و بخش محلول آن با سانتریفوژ در ۲۰۰ g به مدت ۱۵ دقیقه جدا شد. نه مانده حاصل پس از ۴ بار شستشو، و هر بار با ۳۰ ml استون، در هوای اتاق خشک شد و سپس ۵ بار و هر بار با ۳۰ ml تولوئن به مدت ۱ ساعت استخراج گردید و روشناور (supernatant) با استفاده از سانتریفوژ در ۲۰۰ g به مدت ۲۵ دقیقه جدا شد. در نهایت رسوب حاصل از تسخیر محلول تولوئنی به مدت ۱۲ ساعت (طول نیک شب) با تولوئن استخراج شد. برای تخلیص پلی‌ایزوپرن محلول در تولوئن، از اتانول ۹۶ درصد مرک در ۵ مرحله و اتانول مطلق در دو مرحله استفاده شد و در هر بار تخلیص ۱۰۰ ml اتانول در دمای ۶۰°C به مدت ۴ تا ۵ ساعت باروش بازروانی بکار برده شد [۳، ۹، ۱۰].

ترکیب پلی‌ایزوپرن خالص با ۸۰ ml تولوئن و در دمای ۶۰°C به مدت ۲۴ ساعت بصورت محلول در آمد و پس از تغلیظ برای تجزیه کیفی به کار گرفته شد [۱۱].

برای آزمایش شیرابه خام هر دو گیاه، از ۱۰ g شیرابه خام تازه

جدول ۱- بررسی کمی اجزای گیاه کامل و شیرابه خام در دو گونه طی چهار فصل (درصد نسبت به وزن ماده خشک).

گیاه	فصل	گیاه کامل			شیرابه خام		
		درصد لاکتیک	درصد موم	درصد ذرات باقیمانده	درصد لاکتیک	درصد موم	درصد ذرات باقیمانده
افوربیلاریکا	بهار	۰/۳۲۱	۰/۴۰۵	۱۴/۳۷۰	۲/۱۲۱	۱/۳۷۵	۸۵/۵۳۷
	تابستان	۰/۱۱۱	۰/۰۸۳	۱۴/۵۴۵	۰/۴۵	۰/۷۶۳	۸۵/۴۷
	پاییز	۰/۱۷۷۴	۰/۲۴۸	۶/۸۹۰	۲/۰۸۳	۱/۸۶۴	-
	زمستان	-	-	-	۲/۰۶	۰/۶۷۳	۸۷/۳۵۷
افوربایروکالی	بهار	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۹/۷۰۶	۰/۱۷۱۸	۰/۵۴۶	۹۰/۶۶۸
	تابستان	-	-	-	۱/۶۱۳	۰/۳۶۶	۸۹/۵۱۸
	پاییز	۰/۲۵۲۸	۰/۲۵۲۸	۶۵/۹۲۶	۱/۴۶۴	۱/۹۱۵	۴۹/۲۷۸
	زمستان	۱/۲۷۳	۲/۵۴۶	۵۸/۸۱۶	۰/۶۹۵	۰/۲۹۶	۸۵/۷۰۸

مربوط به باخالصی موم موجود در بخش لاکتیک جدا شده) دانستند. پژوهشگران دیگر (۱۹۸۹) [۱۵] در این مورد بیان می‌کنند که نوارهای ظاهر شده در نواحی ۰/۹ و ۱/۲۷ MHz به ترتیب به پلی‌ایزوپرنهای با کربنهای ۰.۱، ۰.۲ و ۰.۴ ارتباط دارند. گرچه اغلب ساختارهای پلی‌ایزوپرنی بصورت پیوندهای ۴.۱ است اما پیوندهای ۳.۰، ۲.۰ و ۱.۰ نیز می‌تواند به نسبت کمی در آنها تشکیل گردد.

طیف‌سنجی IR

در بررسی طیفهای بدست آمده از طیف‌سنجی زیر فرمز، در ۵ ناحیه جذب مشاهده شد (جدول ۳).

- نوارهای سه‌تایی در نواحی ۲۹۲۱، ۲۹۵۶، ۲۹۶۰ و 2962 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی گروههای CH_2 و CH_3 است. بوجان و همکاران (۱۹۷۸) نیز چنین نواری را در لاکتیک طبیعی حاصل از هه‌آ مشاهده کرده‌اند [۱]. نوبیستر (۱۹۹۷) و همکاران نوار سه‌تایی را در ناحیه 3290 cm^{-1} عامل OH نسبت داده‌اند [۱۷]. - نوارهای نواحی ۱۷۱۰، ۱۷۲۰، ۱۷۳۰ و 1731 cm^{-1} .

جدول ۲- نوارهای حاصل از $^1\text{H NMR}$ بخش لاکتیک شیرابه‌های خام افوربیلاریکا و افوربایروکالی و گیاه کامل افوربایروکالی.

منبع	نوارها (MHz)				
	۱	۲	۳	۴	۵
شیرابه خام افوربیلاریکا	۰/۸۷	۱/۲۵	۱/۶۸	۲/۰۲۸	۵/۱۱۴
شیرابه خام افوربایروکالی	۰/۸۸	۱/۲۵	۱/۶۸	۲/۰۲۷	۵/۱۳۱
افوربایروکالی	۰/۸	۱/۲۱	۱/۷	۱/۹۹	۵/۰۶

پاییز، درصد لاکتیک را تا سه برابر افزایش می‌دهد. این نتیجه با پژوهش اسمیلاتی و هم‌سازند روی بعضی از ژنوتیپ‌های (genotype) وابوله درباره تغییرات لاکتیک در طول چند هفته نگهداری صنحوالی دارد، اما با تغییرات لاکتیک در چند ژنوتیپ دیگر در همین پژوهش مطابقت نمی‌کند [۱۳].

نتایج کیفی

طیف‌سنجی $^1\text{H NMR}$

در طیفهای بدست آمده از $^1\text{H NMR}$ لاکتیک حاصل از شیرابه خام و گیاه کامل وجود نوارهای ۱/۶۸ و ۱/۷ MHz (جدول ۱) مشخص شد که معرف گروه متیل متصل به کربن ۲ پلی‌ایزوپرن و همچنین معرف ایزومر سیس است. ایاتا و همکاران (۱۹۸۴) در پژوهشی روی پلی‌ایزوپرنهای مسخروطیان در ۱۲ گونه، نوارهای ۱/۶۸ و ۱/۷۶ MHz را مشخص ایزومر سیس می‌دانند [۱۴]. سایر پژوهشگران نیز [۱۶، ۱۵، ۱۳] نظریات مشابهی در این مورد ارائه کرده‌اند.

نوارهای ۱/۹۹، ۲/۰۲۷ و ۲/۰۲۸ MHz ضمناً (جدول ۱) مربوط به هیدروژنهای کربنهای ۴ و نوارهای ۰/۶، ۵/۱۱۴ و ۵/۱۳۱ MHz معرف هیدروژن کربن ۳ پلی‌ایزوپرن است. پژوهشگران دیگر [۱۵، ۱۲] نیز در نتایج حاصل از پژوهشهای خود، به این نوارها اشاره کرده‌اند.

با توجه به جدول ۲ وجود دو نوار دیگر در نقاط ۰/۸ و ۱/۲۵ MHz ضمناً محرز است. بوجان و همکاران [۱] معتقدند در صورت اکسید شدن پلی‌ایزوپرن، نواری در محدوده ۱/۳۰ MHz ظاهر خواهد شد. این در حالی است که یوزاکیه و همکاران (۱۹۸۷) [۳] بروز نوارهای حدود ۰/۹ و ۱/۲۵ MHz را به ترتیب مربوط به گروه متیل و زنجیر CH_2 گروهی کتونی ساز سحر بلند

جدول ۳- نوارهای جذبی IR استاندارد لاستیک طبیعی (پلی استیرن) و بخش لاستیک شیرابه‌های خام افوریلاریکا و افوریلاریکالی (بر حسب cm^{-1}).

نمونه	۱	۲	۳	۴	۵
استاندارد	۲۹۵۶	۱۷۳۰	۱۶۱۰	۱۴۵۳	۸۰۴
شیرابه خام افوریلاریکا	۲۹۲۱	۱۷۲۰	۱۶۶۴	۱۴۵۰	۸۳۵
شیرابه خام افوریلاریکالی	۲۹۶۰	۱۷۱۰	۱۶۱۶	۱۴۵۶	۸۰۸
گیاه کامل افوریلاریکالی	۲۹۶۲	۱۷۳۱	۱۶۰۸	۱۴۵۲	۷۹۸

مربوط به ارتعاش کششی گروه C=O است و شدت جذب این نوار میزان تخریب پلیمر را با اکسایش نشان می‌دهد [۱۷، ۱۸].

نظر دیگر در مورد نوار یاد شده آن است که جذب در این ناحیه مربوط به گروه کربونیل مومهاست که بصورت ناخالصی در نمونه باقی می‌ماند [۱، ۳]. امون و همکاران نیز جذب در ناحیه ۱۷۴۰cm^{-1} را به عامل C=O نسبت داده‌اند [۲].

- نوارهای نواحی ۱۶۱۰ ، ۱۶۱۶ ، ۱۶۰۸ و ۱۶۶۴cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی پیوند دو گانه میان دو کربن است [۳، ۱۷، ۲۰].

- نوارهای نواحی ۱۴۵۰ ، ۱۴۵۲ ، ۱۴۵۳ و ۱۴۵۶cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی گروه CH_2 و CH است [۱۸]. بوچانان و همکاران (۱۹۷۸) نیز در همه نمونه‌های مورد مطالعه، در این ناحیه جذب مربوط را مشاهده کرده، اما در مورد منشأ آن اظهار نظری نکرده‌اند [۱]. در حالی که تومیستر و همکاران (۱۹۹۷) چنین نواری را در ۱۴۴۹cm^{-1} به عوامل CH_2 و CH مربوط دانسته‌اند [۱۷].

- نوارهای نواحی ۷۹۸ ، ۸۰۴ ، ۸۰۸ و ۸۳۵cm^{-1} طبق نظریه بوچانان و همکاران (۱۹۷۸) بیانگر پیوند CH_2 در ایزومر سیس در زنجیر CH_2 است [۱۷].

همان‌طور که اشاره شد، بوزاباکیلهو و همکاران (۱۹۸۷) [۳] نوارهای $۰/۹$ و $۱/۲۵ \text{ MHz}$ مشاهده شده در طیف $^1\text{H NMR}$ را مربوط به گروه کتون مومها دانسته و در ادامه بررسی با استفاده از طیف‌سنجی زیر فرمزا، جذب در ناحیه ۱۷۰۵cm^{-1} را به گروه کربونیل و جذب در ناحیه ۷۲۰cm^{-1} را به زنجیر CH_2 در مومها نسبت داده‌اند.

از آنجاکه در این پژوهش جذب در ناحیه ۷۳۰cm^{-1} با وجود ندارد یا بطور بسیار ضعیفی آشکار می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که بخش لاستیک تخلیص شده یا یکلی عاری از ناخالصی است، یا ناخالصی بسیار جزئی به همراه دارد. نوارهای نواحی ۱۷۱۰ تا ۱۷۳۱cm^{-1} طیف IR مربوط به اکسید شدن پلیمر حین عملیات تخلیص و تجزیه است.

کروماتوگرافی ژل تراوایی

نتایج حاصل از کروماتوگرافی ژل تراوایی (جدول ۴) نشان می‌دهد که میانگین وزنی وزن مولکولی (\bar{M}_w) لاستیک حاصل از شیرابه افوریلاریکا از $۳/۶ \cdot ۱۰^۴$ تا $۱/۲۰۱ \cdot ۱۰^۵$ و در افوریلاریکالی از $۲/۹ \cdot ۱۰^۴$ تا $۱/۳ \cdot ۱۰^۵$ تغییر می‌کند. استیلانی و همکاران [۲۱] در تحقیقی بر روی گیاه وایوله میانگین وزنی وزن مولکولی را برای لاستیک پوست از $۲/۹ \cdot ۱۰^۵$ تا $۱/۲ \cdot ۱۰^۶$ و برای لاستیک چوب از $۱/۷ \cdot ۱۰^۵$ تا $۶/۱۰ \cdot ۱۰^۵$ گزارش کرده‌اند.

میانگین عددی وزن مولکولی لاستیک (\bar{M}_n) حاصل از شیرابه افوریلاریکا بین $۱/۳ \cdot ۱۰^۴$ و $۲/۵ \cdot ۱۰^۴$ و در افوریلاریکالی بین $۱/۳ \cdot ۱۰^۴$ و $۳/۷ \cdot ۱۰^۴$ قرار می‌گیرد که این مقادیر ۴ تا ۶/۵ بار

جدول ۴- وزن مولکولی متوسط و شاخص چند توزیعی لاستیک طبیعی حاصل از شیرابه گونه‌های افوریلاریکا و افوریلاریکالی در فصلهای مختلف سال.

گیاه	فصل	$\bar{M}_w (\times 10^4)$	$\bar{M}_n (\times 10^4)$	شاخص چند توزیعی (\bar{M}_w/\bar{M}_n)
افوریلاریکا	بهار	۲/۵۷۴۸	۸/۵۲۴۴	۳/۳۱
	تابستان	۱/۹۱۵۶	۶/۴۶۷۶	۳/۳
	پاییز	۱/۳۹۹۶	۳/۶۶۹۹	۲/۶
	زمستان	۲/۰۶۳۰	۱۲/۰۸۹۴	۵/۸
افوریلاریکالی	بهار	۱/۲۹۷۹	۳/۹۶۰	۲/۵۳
	تابستان	۳/۶۸۹۲	۱۲/۹۰۰۷	۳/۴
	پاییز	۱/۳۰۷۳	۲/۸۶۹۳	۲/۱۹
	زمستان	۳/۲۲۱	۸/۷۴۵۱	۲/۷

وزن مولکولی کاربردهای متفاوتی دارند، برداشت گونه‌ها باید با توجه به نوع مصرف در فصل مناسبی از سال انجام گیرد.

مراجع

- 1 Buchanan R. A., Cull I.M., Otey F. H. and Russell C. R.; *Econ. Bot.*; **32**, 146-53, 1978.
- 2 Emon J. V. and Seiber J. N.; *Econ. Bot.*; **39**, 1, 47-55, 1985.
- 3 Uzabakillo B., Largeau C. and Casadevall E.; *Phytochemistry*; **26**, 11, 3041-45, 1987.
- 4 Madhavan S. and Benedict C. R.; *Plant Biochemical Reulatoors*; Gausman H. W. (Ed.), New York; Basell Hong Kong, 1991.
- 5 Biesboer D. D. and Mohlberg G. P.; *J. Natural Product*; **42**, 6, 648-57, 1979.
- 6 - مرکز مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی ایران، آمار واردات سال ۱۳۷۲، تهران.
- 7 Ohyama K., Misawa N., Yamano Y. and Komano T.; *Z. pfl. Physiol. B. D.*; **113**, 367-70, 1984.
- 8 Parsa A.; *Flore de l'Iran*; **4**, 1508, 1950.
- 9 Fangmeier D. D., Rubis D. D., Taylor B. B. and Foster K.E.; *Guayule for Rubber Production in Arizona*.
- 10 Tangpakdee J., Tanada Y., Wittitsuwannakul R. and Chareonthiphakorn N.; *Phytochemistry*; **42**, 2, 353-55, 1996.
- 11 Light D. R. and Dennis M. S.; *J. Boil. Chem.*; **294**, 31, 18589-97, 1989.
- 12 *Physiology of Rubber Tree Latex*; d'Auzac J., Jacob J. L. and Chrestin H. (Eds.), GRC, 470, 1989.
- 13 Estilai A. and Hamerstrand G. E.; *Rubber Chem. Tech.*; **62**, 4, 635-45, 1989.
- 14 Iyata K. et al.; *Phytochemistry*; **23**, 11, 2517-21, 1984.
- 15 Marimuthu S., Subramanian R. B., Kothari I. L. and Inamdar J. A.; *Econ. Bot.*; **43**, 2, 255-61, 1989.
- 16 Skoczylas E., Swiezewska E., Chonjnacki T. and Tanada Y.; *Plant Physiol. Biochem.*; **32**, 6, 825-29, 1994.
- 17 Neumeister L. and Koenig J. L.; *Rubber Chem. Tech.*; **70**, 2; 271-82, 1997.

از میانگین عددی وزن مولکولی لاستیک چوب گیاه واپوله کمتر است [۲۱].

همچنین بیشینه میانگین وزنی وزن مولکولی لاستیک در افوریلاریکا و افوریاتیروکالی با این میانگین در گیاه ۱ ماهه و ۳ ماهه هوآ قابل مقایسه است.

یکی از پژوهشگران و همکاران (۱۹۹۶) [۱۰] در بررسی مکانیسمهای کنترل کننده وزن مولکولی لاستیک در *d.H.brasiliensis* میانگین وزنی وزن مولکولی برابر با $2/7 \times 10^5$ و $2/9 \times 10^5$ را به ترتیب برای گیاه ۱ ماهه و ۳ ماهه هوآ گزارش کرده‌اند. به علاوه، میانگین عددی وزن مولکولی رادر این حالت به ترتیب $6/1 \times 10^5$ و $6/6 \times 10^5$ بدست آورده‌اند.

در مقایسه با دو گیاه مورد مطالعه در این پژوهش، میانگین وزنی وزن مولکولی بیشینه تفاوت چندانی نشان نمی‌دهد، در حالی که در مورد میانگین عددی وزن مولکولی این تفاوت حدود ۲۰ برابر است (جدول ۴).

شاخص چندتوزیمی وزن مولکولی در لاستیک چوب واپوله [۲۱] بین $2/8$ تا 4 است و این شاخص در گیاه ۱ ماهه و ۳ ماهه هوآ [۱۰] به ترتیب $4/1$ و $4/8$ است. شاخصهای چندتوزیمی وزن مولکولی در لاستیک افوریلاریکا در محدوده $2/6$ تا $5/8$ و در لاستیک افوریاتیروکالی در محدوده $2/2$ تا $3/4$ تغییر می‌کند. براساس میانگین وزنی وزن مولکولی (Mw) پلیمر می‌توان پلیمرهای مفید را انتخاب کرد.

کشیدگی و فشردگی پلیمر همراه با وزن مولکولی افزایش می‌یابد و این ازدیاد دارای آستانه‌ای در حدود 2×10^4 است. برعکس، چسبندگی با ازدیاد وزن مولکولی افزایش چندانی ندارد، اما در وزن مولکولی حدود 2×10^5 بیکباره افزایش ناگهانی نشان می‌دهد. در مجموع، پلیمر مفید باید در عین داشتن قدرت کشیدگی و فشردگی مناسب، چسبندگی کمی داشته باشد تا به آسانی فرارورش شود. پلیمرهای با وزن مولکولی از 2×10^4 تا 2×10^5 چنین خصوصیاتی دارند [۲۲]. با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که لاستیک حاصل از افوریلاریکا در فصل زمستان و لاستیک حاصل از افوریاتیروکالی در فصل تابستان، وزن مولکولی حدود $1/2 \times 10^5$ دارد.

نتیجه گیری

اندازه‌گیری مقدار لاستیک در ساقه و شیر خام گیاه کامل دو گونه فریون در فصلهای مختلف سال نشان می‌دهد که این مقدار در فصلهای مختلف سال متفاوت است. نظر به اینکه لاستیکهای طبیعی بر حسب

- ۱۸ - گروه شیمی، آشنایی با مبانی شیمیایی و فیزیکی تشکیل پلیمرها، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف، گروه شیمی، ۱۳۷۱.
- ۱۹ - حسین زاده محمد حسن، روشهای طیف بینی در شیمی آلی، مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۱۳۷۰.
- ۲۰ - سعیدی، محمدرضا، شیمی آلی - اساس زیست، دانشگاه صنعتی

اصفهان، ۱۳۷۰.

21 Estala A.; *Rubber Chem. Tech.*; **60**, 2, 245-51, 1987.

22 Viswanathan N. V., Gowariker V. R. and Sreedhar J.; *Polymer Science: New Age International*, 505, 1996.