

# استخراج، تفکیک و تعیین وزن مولکولی آلژینیک اسید جلبکهای دریای جنوب

Extraction, Fractionation and Molecular Weight Determination of Alginic Acid from Phaeophytas of Persian Gulf

محمد حسین رفیعی فنود، الهام علوی

دانشگاه تهران، دانشکده علوم

دریافت: ۷۷/۴/۲۴، پذیرش: ۷۷/۱۱/۵

## چکیده

آلژینیک اسید و آلژیناتها مصارف مهمی در صنایع غذایی، پزشکی، داروسازی، دندانپزشکی و نساجی دارند. جلبکهای قهوه‌ای دریای جنوب ایران (منطقه چابهار) دارای این پلیمر طبیعی‌اند. به این منظور از ده گونه از جلبکهای قهوه‌ای دریای جنوب، ابتدا آلژینیک اسید استخراج شد. سپس، آلژینیک اسید به نمک سدیم محلول در آب تبدیل شد و در مرحله بعد، آلژیناتها سدیم بر پایه وزن مولکولی تفکیک و وزن مولکولی  $\bar{M}_w$  و  $\bar{M}_n$  آنها با GPC معین شد. نتایج نشان می‌دهد که آلژینیک اسید سنتز شده از جلبکهای دریای جنوب دارای وزن مولکولی مناسب برای مصرف در صنایع مختلف است.

واژه‌های کلیدی: آلژینیک اسید و آلژیناتها، جلبک قهوه‌ای، استخراج، وزن مولکولی، خلیج فارس

**Key Words:** alginic acid, alginates, phaeophyta, extraction, molecular weight, persian gulf

## مقدمه

نخستین بار در سال ۱۷۵۴ لینه گروهی از گیاهان را جلبک نامید [۱] و پس از آن علم جلبک‌شناسی پایه‌گذاری شد. حدود ۹۰ درصد جلبکها آبی‌اند [۲]. جلبکهای قهوه‌ای گروه نسبتاً بزرگ و متنوعی را تشکیل می‌دهند که حدود ۱۵۰۰ گونه در ۲۵۰ جنس مختلف در آن قرار می‌گیرند. این جلبکها از نخستین گروههایی هستند که شناسایی و رده‌بندی شده‌اند [۲] و در آبهای آزاد زندگی می‌کنند. اهمیت جلبکهای قهوه‌ای به علت داشتن آلژینیک اسید، ید و پتاسیم است و همین باعث شده است که در بعضی از کشورها جلبکهای قهوه‌ای را در مزرعه‌های دریایی کشت کنند، بطوری که در سال ۱۹۹۱ در جهان بیش از سه میلیون تن جلبک قهوه‌ای کشت شده است [۳]. مصرف عمده این

جلبکها در غذای انسان و دام است و از آنها به منظور استخراج

آلژیناتها، ید و پتاسیم در صنایع استفاده می‌شود.

آلژینیک اسید نخستین بار در سال ۱۸۸۳ کشف شد و در سال

۱۹۲۳ اولین واحد صنعتی که در آن از آلژینات استفاده می‌شد

تأسیس گردید [۴]. آلژیناتها بر پایه خواص آبدوستی، ژل‌کنندگی و

پایداری و به عنوان عامل تعلیق در صنایع نساجی، غذایی،

کاتالیزورهای حیاتی، داروسازی، پزشکی، دندانپزشکی و آرایشی

مصرف گسترده‌ای یافته‌اند [۵].

اولین تلاش در جهت شناسایی جلبکهای خلیج فارس در سال

۱۸۴۵ ثبت شده است [۶] و در سال ۱۹۳۹ در یک مطالعه نسبتاً

جامع، ۱۰۳ گونه جلبک از جمله ۲۶ گونه جلبک قهوه‌ای معرفی

شده‌اند [۶]. کوشش‌های دیگری در فاصله سالهای ۱۹۵۵ تا ۱۹۷۷ گزارش شده است [۷].

در سالهای اخیر در مورد شناسایی، اکولوژی و شناسایی زیستگاهها و کشت و فراوانی جلبکهای دریای جنوب کارهای بیشتری گزارش شده است [۱۷-۸].

از آنجا که آلژینیک اسید موجود در جلبکهای قهوه‌ای با توجه به شرایط زیست محیطی و وزن مولکولی، اهمیت علمی و کاربردی پیدا کرده‌اند و در مورد جلبکهای قهوه‌ای دریای جنوب ایران در این زمینه کاری نشده بود، سعی شد که اولاً درصد آلژینیک اسید و ثانیاً اوزان مولکولی آن در هر گونه گیاهی معین شود.

### تجربی

#### مواد

سدیم کرینات، منگنز کلرید ۴ آب و سدیم کلرید از شرکت Baker & May، کلسیم کلرید از شرکت Aldrich، کلریدریک اسید از شرکت GPR، فرمالدهید ۳۷ درصد از شرکت Merck، سولفوریک اسید ۹۸٪ از شرکت لاسطو و الکل ۹۶درجه از شرکت پاکدیس تهیه شدند. همه این مواد خالص بوده و به همان شکل مصرف شده‌اند.

#### دستگاهها

دستگاههای مورد استفاده عبارتند از: FTIR ۴۲۰۰ ساخت Shimadzu، GPC ساخت Waters ۱۵۰C مدل و ساتریفورژ.

#### روش استخراج

جهت استخراج آلژینیک اسید از جلبکهای قهوه‌ای، تغییراتی در روش هاگک و اسمیدس [۱۸] داده شد. به این شکل که ابتدا جلبکها با آب شیرین شستشو داده شد و پس از حذف گل و لای، ماسه دریا و نمکهای اضافی در هوای معمولی خشک گردیدند. جلبکها به قطعات ۴ تا ۵ mm خرد شدند. جلبک خشک خرد شده، پس از شستشو با آب مقطر، در سولفوریک اسید ۰/۱ M به مدت ۲ h در دمای ۵۰ C خیسانده شد. پس از گذشت مدت زمان لازم اسید تخلیه شد و جلبکها بخوبی با آب مقطر شسته شدند تا pH آنها به حدود خنثی رسید. به جلبک شسته شده فرمالین ۰/۴ درصد اضافه شد و مدت ۲۴ h در دمای معمولی خیسانده شد. پس از گذشت یک شبانه‌روز و تخلیه فرمالین، جلبکها بخوبی با آب مقطر شسته شدند. سپس، محلول سدیم کرینات به جلبک اضافه شد و عمل هضم در دمای ۵۰ C به مدت ۲ h کامل گردید. طی زمان هضم pH محیط قلیایی بوده است.

پس از کامل شدن عمل هضم محلول گرانترو بدست آمده (سدیم آلژینات) از تفاله جلبکی جدا شد و محلول به وسیله کاغذ صافی کاملاً صاف گردید. به محلول سدیم آلژینات، کلسیم کلرید ۱۰ درصد اضافه شد که بلافاصله رشته‌های کلسیم آلژینات تشکیل و رسوبگیری شد. کلسیم آلژینات از محلول جدا شده و با آب مقطر بخوبی شسته شد. کلسیم آلژینات در آب معلق گردید و به آن آب ژاول تجارتي اضافه شد. پس از گذشت ۱۰ تا ۱۵ min رشته‌های کلسیم آلژینات سفید شد (این زمان برحسب گونه جلبکی، زمان خیساندن با اسید و فرمالین و رنگ محصول بدست آمده متغیر است). کلسیم آلژینات سفید شده با آب مقطر بخوبی شستشو داده شد تا دیگر بوی آب ژاول از آن به مشام نرسد.

کلسیم آلژینات رشته‌ای در کلریدریک اسید ۵ درصد معلق شد. پس از گذشت یک شب کلسیم آلژینات به آلژینیک اسید رشته‌ای تبدیل شد. آلژینیک اسید شفافتر، تقریباً بی‌رنگ، و کم حجتمتر از کلسیم آلژینات بود. پس از این مرحله آلژینیک اسید بخوبی با آب مقطر شستشو داده شد تا pH آن به حدود خنثی برسد. برای آنگیری از آلژینیک اسید حاصل از الکل استفاده شد. آلژینیک اسید در مقدار کمی الکل معلق گردید و پس از گذشت یک شب از الکل جدا شده و در آون با دمای ۴۰ C خشک شد. ساختار آلژینیک اسید به کمک روش FTIR و با توجه به گزارش پژوهشگران دیگر تایید گردید [۱۹]. فرایند استخراج روی ۱۰ گونه متفاوت انجام شد که از آنها و گونه مربوط به فصل زمستان و بقیه متعلق به فصل بهار بود.

جدول ۱- درصد آلژینیک اسید برحسب وزن جلبک خشک در ده جنس متفاوت.

نام جلبک	ماه نمونه برداری	درصد آلژینیک اسید استخراج شده
سارگاسوم هیستریکس	بهمن	۱۲
سارگاسوم Sp. ۱	خرداد	۱۵
پادینا	خرداد	۱۱
پادینا Spp	خرداد	۱۴
استوک اسپرمام مارجیناتونا	خرداد	۱۰
استوک اسپرمام مارجیناتونا	اردیبهشت	۱۵
سارگاسوپز زاناردینی	خرداد	۱۳
سارگاسوپز زاناردینی	فروردین	۱۸
سیستوسریا	فروردین	۷
سیستوسریا مریکا	اردیبهشت	بسیار ناچیز
کلیومینا سینوسا	فروردین	۵
نمونه مخلوط	بهمن	۲۲

جدول ۲- وزن مولکولی نمونه‌های سدیم آلزینات (با استفاده از دستگاه GPC).

نام جلبکها	$\bar{M}_n$	$\bar{M}_w$	ضریب نایکواختی
سارگاسوم هیستریکس	۳۶۰۸۷	۸۱۰۵۲	۲/۲۴۶
سارگاسوم Sp.۱	۲۴۳۷۶	۳۷۴۰۷	۱/۵۲۴
پادینا	۴۷۰۳۲	۱۰۹۹۱۴	۲/۳۲۷
پادینا Spp	۷۱۴۳۹	۱۲۹۱۴۹	۱/۸۰۷
استوک اسپرام مارچینا تونا	۸۲۰۳۳	۲۵۰۱۴۱	۲/۰۴۹
سارگاسویز زاناردینی	۲۲۳۵۵۴	۶۳۶۴۱۹	۲/۸۴۶
سیستوسریا	۴۲۴۶۹	۶۶۴۸۷	۱/۵۶۵
نمونه مخلوط	۱۰۷۵۷۲	۱۲۲۶۸۳	۱/۱۴۰

روش اول: استفاده از نمک منگنز دو والانس و نمک کلسیم مطابق با روشی که در مرجع ۲۰ آمده است، ابتدا محلول سدیم آلزینات به محلول منگنز کلرید اضافه شد. رسوب منگنز آلزینات تشکیل گردید که رنگ سفید متمایل به صورتی (بسیار کم رنگ) داشت. در مقایسه با کلسیم آلزینات، منگنز آلزینات در pH قلیایی در آب تا حدودی حل می‌شود. سپس، pH محیط به ۵ رسانده شد تا رسوب بهتر تشکیل گردد. رسوب صاف شد و محلول زیر صافی به کلسیم کلرید اضافه گردید که بلافاصله رسوب کلسیم آلزینات تشکیل شد.

هر دو رسوب کلسیم آلزینات و منگنز آلزینات بطور جداگانه و بخوبی با آب مقطر شسته شدند و pH هر دو با کلریدریک اسید به ۲ رسانده و سعی شد که ثابت بماند. پس از گذشت یک شب هر دو نمونه به آلزینیک اسید تبدیل شدند. سپس، نمونه‌های حاصل خشک شدند. نسبت وزنی بخش جدا شده با منگنز به بخش جدا شده با کلسیم ۱ به ۲ بود.

از هر دو نمونه آلزینیک اسید، محلول ۴۰۰۰ ppm سدیم آلزینات ساخته شده و وزن مولکولی آن بوسیله GPC معین شد. جدول ۳ نتایج این آزمایشها نشان داده شده است.

روش دوم: استفاده از سدیم کربنات ضمن عمل هضم در ۲ مرحله به مقدار مشخصی جلبک خشک از نمونه مخلوط، پس از خیساندن به ترتیب در سولفوریک اسید ۰/۱ M و فرمالین ۰/۴ درصد و شستشو با آب مقطر، سدیم کربنات ۱/۵ درصد اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۱ h در دمای ۵۰°C قرار گرفت. پس از گذشت ۱ h محلول گرانبرو جدا شد و جلبکها بخوبی با آب مقطر شسته شدند. دوباره سدیم کربنات ۱/۵ درصد به جلبک افزوده شد و مدت ۱ h دیگر در ۵۰°C عمل هضم ادامه یافت و محلول گرانبرو حاصل نیز جدا گردید.

هر دو محلول گرانبرو طبق روش قبل به آلزینیک اسید و در مرحله بعد هر دو نمونه به نمک سدیم تبدیل شد و از هر نمونه محلول ۴۰۰۰ ppm سدیم آلزینات تهیه گردید. وزن مولکولی نمونه‌ها به کمک GPC معین شد که نتایج آن در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- تفکیک آلزینیک اسید بر پایه وزن مولکولی با روش افزودن سدیم کربنات در دو مرحله.

بخش جداسازی شده	$\bar{M}_n$	$\bar{M}_w$	ضریب نایکواختی
در ۱ ساعت اول	۵۲۰۵۲	۱۹۳۵۰۶	۳/۷۱۷
در ۱ ساعت دوم	۱۲۹۸۵۸	۴۳۳۳۱۱	۳/۳۲۷

در جدول ۱ میزان درصد آلزینیک اسید استخراج شده از ده جنس مختلف جلبک قهوه‌ای ارائه شده است.

تبدیل آلزینیک اسید به سدیم آلزینات و تعیین وزن مولکولی

محلول ۱/۵ درصد از سدیم کربنات، که از پیش تهیه شده بود، به آلزینیک اسید خشک اضافه شد. پس از گذشت ۴ ساعت آلزینیک اسید حل شد و محلول گرانبرو سدیم آلزینات بدست آمد. pH محلول گرانبرو بدست آمده بین ۷ و ۸ بود. این محلول صاف شد که آلزینات حاصل پس از خشک شدن به صورت فیلم شفافی در آمد. آنگاه، محلول ۴۰۰۰ ppm از آلزیناتهای حاصل از ده گونه تهیه شد و وزن مولکولی آنها با دستگاه GPC معین گردید. نتایج حاصل از GPC در جدول ۲ خلاصه شده است. توضیح اینکه دستگاه GPC قبلاً با استفاده از یک نمونه استاندارد سدیم آلزینات کنترل شد و تصحیح لازم در وزنه‌های مولکولی معمول گردید.

جداسازی آلزیناتها براساس وزن مولکولی

در این بخش از آزمایشها ۳ روش بکار گرفته شده است. یک روش گزارش شده [۲۰]، ولی دو روش دیگر برای اولین بار در این طرح گزارش می‌شود.

جدول ۳- جداسازی آلزیناتها برحسب وزن مولکولی نمونه پادینا Spp

نوع آلزینات	$\bar{M}_n$	$\bar{M}_w$	ضریب نایکواختی
بخش جدا شده با منگنز	۴۰۱۶۰	۷۴۰۵۳	۱/۸۴۴
بخش جدا شده با کلسیم	۲۷۰۴۷	۳۱۷۸۳	۱/۱۷۵

جدول ۵- تفکیک آلزینیک اسید بر پایه وزن مولکولی با روش تغییر pH

بخش جداسازی شده	$\bar{M}_n$	$\bar{M}_w$	ضریب نایکواختی
در pH برابر ۳-۴	۵۳۳۲۳	۱۷۴۸۷۸	۳/۲۷۹
در pH برابر ۱	۵۴۲۸۸	۱۶۰۸۰۸	۲/۹۶۲

روش سوم: افزایش تدریجی کلریدریک اسید و رسوبگیری در pHهای مختلف

در این روش به محلول سدیم آلزینات ۱ درصد ( $pH = 8$ ) بتدریج کلریدریک اسید اضافه شد تا pH بین ۳-۴ تثبیت گردد. در این حالت ژل آلزینیک اسید پایدار تشکیل شد که با روشهای ساده جداسازی آن ممکن نبود. برای جداسازی آلزینیک اسید از دستگاه سانتریفوژ با  $7000 \text{ rpm}$  استفاده شد. پس از جداسازی آلزینیک اسید در pH حدود ۳ تا ۴ به محلول باقیمانده آن قدر اسید اضافه شد تا pH آن برابر ۱ شود. دوباره ژل آلزینیک اسید به مقدار زیاد تشکیل شد که به کمک سانتریفوژ این ژل نیز جدا گردید.

هر دو اسید با استفاده از الکل خشک شد. از هر دو اسید محلول  $4000 \text{ ppm}$  نمک سدیم تهیه شد و وزن مولکولی آن به کمک GPC معین شد. اشاره می شود که این روش روی گونه استوک اسپرمام مارجیناتونا آزمایش شد که نتایج آن در جدول ۵ آمده است.

#### تعیین گرانروی محلول آلزینات

در این بخش از آزمایشها، گرانروی سدیم آلزینات حاصل از ۳ گونه پادینا، سارگاسوم SP1 و استوک اسپرمام معین شد و نمک سدیم آلزینات طبق روش پیش گفته تهیه شد.

محلولهایی با غلظتهای مختلف از نمک سدیم آلزینات در سدیم کلرید  $0.1 \text{ M}$  تهیه گردید. تعیین گرانروی با استفاده از گرانروی سنج آبلهود صورت گرفت (ثابت تقریبی این دستگاه  $k=0.01$  بود).

برای تعیین مقدار گرانروی از معادله موجود در کاتالوگ دستگاه استفاده شد. این معادله عبارت است از:

$$\nu = k(t - \theta)$$

که در آن  $\nu$  گرانروی بر حسب  $\text{cSt}$   $t$  زمان عبور محلول برای هر نمونه بر حسب  $s$ ،  $\theta$  زمان تصحیح شده که در کاتالوگ آمده است.

در جدول ۶ مقادیر گرانروی محاسبه شده برای سه گونه آورده شده است. نظر به اینکه یکی از مصارف سدیم آلزینات نقش تغلیظ کنندگی آن است، گرانروی نمونه اهمیت صنعتی آن را مشخص

می کند [۴]. ولی، اندازه گیری  $\bar{M}_w$  از طریق گرانروی سنجی به علت عدم تطبیق شرایط با  $k$  و  $\alpha$  گزارش شده مقدور نیست [۲۱].

#### نتایج و بحث

بر پایه مجموعه گزارشهای جلبک شناسان خارجی و داخلی که تاکنون منتشر شده است در منطقه بوشهر تا گواتر، زیستگاههای طبیعی جلبکهای قهوه ای ایران وجود دارد. طول سواحل این زیستگاهها چیزی حدود  $1300 \text{ km}$  می شود که اگر حوالی جزایر کیش، قشم، هرمز و سایر جزایر را هم به آن اضافه کنیم، تا عرض  $50 \text{ km}$  جلبکهای قهوه ای زیست می کنند.

خوشبختانه، به دلیل گرم بودن آبهای خلیج فارس و دریای عمان، گونه های مخصوص آبهای گرم، مانند سارگوسمها که مقدار بیشتری آلزینیک اسید دارند، فراوانترند. این امر می تواند حتی ایجاد مزارع دریایی را برای رشد این گونه ها مقرون به صرفه کند و این مزایا، یعنی ساحل طولانی و گرم بودن آب دریای جنوب ایران، کمتر نصیب کشورهای جهان می شود.

آلزینیک اسید در بافت گیاه ستر شده و پس از پایان دوره حیاتی گیاه، به کمک امواج دریا به ساحل رانده می شود. مناسبترین زمان برای جمع آوری گیاه از ساحل یا دریا ماههای بهمن تا اردیبهشت است که جلبک بیشترین مقدار آلزینیک اسید را داراست.

نتایج تحقیقات انجام شده در این طرح نشان می دهد که با انتخاب روش مناسب، استخراج آلزینیک اسید از جلبکهای قهوه ای دریای جنوب با مواد اولیه و تکنولوژی داخلی ممکن است و اگر زمان بهره برداری از گیاه و روش کار طوری برنامه ریزی شود که از عوامل تخریب زیست شناختی، شیمیایی و تابشی جلوگیری شود، آلزینیک اسید حاصل ضمن اینکه در مقادیر زیاد بدست می آید، دارای وزن مولکولی مناسب جهت استفاده در کلیه صنایعی است که آلزینیک اسید مصرف می کنند.

در این پژوهش، عوامل موثر بر واکنشهای شیمیایی و افزایش

جدول ۶- گرانروی سه گونه پادینا، سارگاسوم SPI، استوک اسپرمام مارجیناتونا.

غلظت ( $\text{g}/100 \text{ cm}^3$ )				گونه
۰/۰۵	۰/۱	۰/۲	۰/۴	
گرانروی ( $\text{cSt}(\text{mm}^2 \text{s}^{-1})$ )				پادینا استوک اسپرمام مارجیناتونا سارگاسوم SPI
۰/۸۷	۰/۹۲	۱/۰۵	۱/۲	
۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۹۴	۱/۱۱	
۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۹۸	

- ۳- ابهری سیدرضا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۲.
4. Dennis J. Mchaug; FAO Fisheries Technical Paper; *Production and Utilization of Products from Commercial Sea Weed*; 58-115, 1987.
5. Davidson L. R.; *Handbook of Soluble Gum and Resin*; 1984.
6. Knud J. and Ragnar S.; *Danish Scientific Investigation in Iran*; 1, 47-134, 1939.
- ۷- ربیعی رضا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۰.
- ۸- دیارکیان مهر هرمز، اولین سمینار علوم و فنون دریایی و جوی ایران، ۲۷-۲۵ فروردین، ۱۳۷۱.
- ۹- دیارکیان مهر هرمز، دومین سمینار علوم و فنون دریایی و جوی ایران، ۱۸-۱۱ فروردین، ۱۳۷۲.
- ۱۰- سهرابی جلوه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۶۹.
- ۱۱- حقانیت حمیدرضا، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۱.
- ۱۲- فرحناک مریم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۰.
- ۱۳- امینی فائده، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۰.
- ۱۴- گزارش مقدماتی و بررسی اولیه آبهای جنوب ایران، مؤسسه تحقیقات شیلات آبهای دور (چابهار)، ۱۳۷۲.
- ۱۵- گزارش سومین گشت مقدماتی و بررسی جلبکهای دریایی آبهای جنوب ایران، مؤسسه تحقیقات شیلات آبهای دور (چابهار)، آذر ۱۳۷۲.
- ۱۶- پروژه بررسی و شناسایی جلبکهای سواحل استان سیستان و بلوچستان، مؤسسه تحقیقات شیلات آبهای دور (چابهار)، بدون تاریخ.
- ۱۷- احمدی فاطمه، پایان نامه کارشناسی ارشد، انستیتو تغذیه، ۱۳۷۴.
18. Haug A. and Smidsrod U.; *Acta. Chem.*; 19, 5, 1221-26, 1965.
19. Aldrich Infrared Spectra, 3d. Ed.
20. Haug A.; *Acta Chem. Scand.*; 13, 3, 601-3, 1959.
21. MTP International Review of Science; *Plant Biochem., Biochem. Serial*; 11, 63, 1974.

بازده، استخراج و تبدیل آلزینیک اسید به آلزیناتها بررسی شده‌اند. این عوامل عبارتند از: دما، pH محیط و زمان واکنش که به سادگی قابل کنترل و تنظیم‌اند.

برای تخلیص و جداسازی پلیمر از محلول، از فرایند شبکه‌سازی پلیمر با استفاده از یونهای چند والانسی استفاده می‌شود که در این پژوهش از یون  $Ca^{2+}$  استفاده گردید. پس از تبدیل محصول شبکه‌ای شده به آلزینیک اسید و آلزیناتهای سدیم و پتاسیم، باقیمانده ناچیز  $Ca^{2+}$  در صنایع غذایی، داروسازی، لوازم بهداشتی و دندانپزشکی مشکلی ایجاد نمی‌کند و از نظر اقتصادی نیز با صرفه است. جهت رنگبری محصول از فرمالین و آب ژاول (در دو مرحله) استفاده شد که به سادگی در آب حل و زایل می‌شوند و آثاری در محصول باقی نمی‌گذارند.

با استفاده از فرایند تخریب گرمایی (کمتر از دمای جوش آب) مولکولهای بزرگتر، می‌توان آلزینیک اسید استخراجی را برای مصارف صنایعی که احتیاج به آلزینات با وزن مولکولی کمتر دارند تبدیل و گستره مصرف آن را زیاد کرد.

ضایعات این فرایند یعنی تفاله باقیمانده، می‌تواند مصرف خوراک دام باشد که به لحاظ غذایی مقوی و در دنیا مصرف می‌شود.

### نتیجه‌گیری

اکثر جلبکهای قهوه‌ای دریای جنوب ایران درصد قابل ملاحظه‌ای آلزینیک اسید دارند. وزن مولکولی این آلزینیک اسیدها و نمکهای محلول آنها در حد بسیار مطلوبی بوده که برای مصرف در صنایع مختلف قابل استفاده است.

### قدردانی

از معاونت پژوهشی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی که امکان این تحقیق را به لحاظ مالی مقدور ساخته است تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین، از آقای مهندس رضا ابهری که در مورد جمع آوری و شناسایی گونه‌های جلبک همکاری کرده‌اند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

### مراجع

- ۱- دیارکیان مهر هرمز، مبانی گیاه‌شناسی، نشر خراسان، ۱۳۷۱.
- ۲- دیارکیان مهر هرمز، مبانی جلبک‌شناسی، نشر جهاددانشگاهی، مشهد، ۱۳۷۱.