شناسایی ترکیبات فعال زیستی عصاره جلبک قهوه‌ای *Cystoseria.sp* و ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ژله خوراکی غنی‌شده با آن

مهدی محمدی[a]، غلامحسین محبی[b]، مه‌گل بلوریان[c*]، علیرضا برمک[d]، الهام احساندوست[e]

[a] *استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، مرکز مطالعات و پژوهش‌های خلیج‌فارس، دانشگاه خلیج‌فارس، بوشهر، ایران*

[b] *استادیار مرکز تحقیقات زیست فناوری دریایی خلیج فارس، پژوهشکده علوم زیست پزشکی خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران*

[c] *کارشناس ارشد موسسه آموزش عالی خرد، بوشهر، ایران*

[d] *استادیار آزمایشگاه کنترل غذا و دارو، معاونت غذا و دارو، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران*

[e] *دانشجوی دکتری گروه زیست‌شناسی دریا، مرکز مطالعات و پژوهش‌های خلیج‌فارس، دانشگاه خلیج‌فارس، بوشهر، ایران*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۰۷

چکیده

مقدمه: جلبک سیستوسریا یک ماکروجلبک قهوه‌ای متعلق به خانواده فیافیتا می‌باشد. این جلبک با انشعابات نامنظم، در آب‌های گرم، در مناطق کم‌عمق و در نزدیکی سنگ‌ها و تالاب‌ها یافت می‌شود. این مطالعه با هدف شناسایی ترکیبات فعال زیستی عصاره جلبک قهوه‌ای سیستوسریا و ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ژله خوراکی غنی شده با آن انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: ترکیبات شیمیایی عصاره جلبک سیستوسریا توسط روش GC-MS شناسایی شدند و عصاره آن به غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم به فرمولاسیون ژله افزوده شد و سپس تأثیر آن بر ویژگی های حسی و سینرسیس مورد مطالعه قرار گرفت. ارزیابی حسی ژله خوراکی توسط ده ارزیاب و با استفاده از آزمون هدونیک پنج امتیازی جهت بررسی رنگ، عطر و طعم، بافت و پذیرش کلی ژله‌های تهیه شده انجام گرفت.

یافته‌ها: آنالیز GC-MS، تعداد دوازده ترکیب فعال زیستی موثر در غذا و دارو را نشان داد. این مطالعه نشان داد که امتیاز رنگ با افزودن عصاره جلبک افزایش می یابد. بر اساس نتایج پذیرش کلی، افزودن ۵۰ میلی‌گرم عصاره به ژله، بیشترین تاثیر را از نظر رنگ، طعم و بافت دارا بود. کاهش سینرسیس در تیمارها، گواه بر قابلیت حفظ آب درون بافتی ژله و در نتیجه افزایش کیفیت ظاهری ژله بود.

نتیجه‌گیری: به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که افزودن ۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا می تواند به عنوان معیار انتخاب بهترین فرمولاسیون باشد که بتوان از ارزش تغذیه ای بالای آن نیز بهره برد.

واژه‌های کلیدی: *بافت، ترکیبات شیمیایی، خصوصیات حسی، خلیج‌فارس، ژله، سیستوسریا*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: mahgol_booloorian@yahoo.com

مقدمه

اقیانوس‌ها، کتابخانه عظیمی از ترکیبات و محصولات طبیعی منحصر به فرد و مواد فعال زیستی امیدوار کننده و شگفت آور می‌باشند که به هیچ عنوان در محیط زیست زمینی یافت نمی گردند (Mohebbi *et al*., 2014).

جلبک‌ها گروه بزرگ و متفاوتی از ارگانیسم‌های یوکاریوتی هستند که دارای غشاء و ارگان‌هایی به نام کلروپلاست بوده و قدرت فتوسنتز دارند (Kovalenko *et al*., 2011). تقاضای جهانی برای استفاده از جلبک‌ها بعنوان غذا در حال رشد بوده و بدلیل خصوصیات عملگرایانه آنها در تغذیه و سلامت، به طور فزاینده ای از غذاهای سنتی پیشی گرفته اند (Wells *et al*., 2017). برداشت جهانی جلبک‌های دریایی در سال ۲۰۱۳، حدود ۶/۷ میلیارد دلار تخمین زده شده است که بیش از ۹۵ درصد آن در جلبک‌زارهای چین و اندونزی تولید شده بودند (FAO, 2015). بر اساس آمار فائو (۲۰۱۴)، ۳۸ درصد از ۲۳,۸ میلیون تن جلبک دریایی برداشت شده جهانی در سال ۲۰۱۲ ، صرف نظر از استفاده در هیدروکلوئیدها (آگارها، آلژینات‌ها، کاراگینان‌ها) و عوامل تغلیظ کننده غذاها و نوشیدنی‌ها، توسط انسان‌ها خورده شده است (FAO, 2014).

جلبک سیستوسریا، به‌عنوان گونه غالب در میان جلبک‌های قهوه‌ای شناخته شده است و دارای بیشترین فراوانی در فصول بهار و پاییز می‌باشد (Khani *et al*., 2008). زیستگاه این جلبک‌ها در آب گرم است، این جلبک‌ها روی سنگ‌های صاف رشد می‌کنند، در مناطق کم‌عمق و در نزدیکی سنگ‌ها و تالاب‌ها یافت می‌شوند و دارای شاخه‌های منشعب و نامنظم می‌باشند (Draisma *et al*., 2010). این جلبک قهوه‌ای به واسطه داشتن درصد بالای ترکیبات پلیمری، قادرند مولکول‌های آب را جذب نموده و به حالت ژله‌ای درآیند (Dulger *et al*., 2009).

جلبک سیستوسریا دارای فعالیت‌های بیولوژیکی گسترده‌ای از جمله فعالیت‌های ضد باکتریایی (Stirk *et al*., 2007)، قارچی (Volka and Furkert, 2006)، ضدتوموری و ضد انعقاد خون (Nishino *et al*., 1989; Dobashi *et al*., 1989; Jiao *et al*., 2009)، ضد ویروسی (Ponce *et al*., 2003)، آنتی‌اکسیدانی و تقویت‌کنندگی سیستم‌های ایمنی (Li *et al*., 2002)، گوارشی (Shibata *et al*., 2000)، هیپولیپیدمی (Li *et al*., 1999; Li *et al*., 2001)، جلوگیری از بیماری‌های کبدی، کلیوی و فوق کلیوی (Veena *et al*., 2008) و هم‌چنین دارای اثرات ضدالتهابی می‌باشند (Yang *et al*., 2006). بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که جلبک سیستوسریا، فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی در شرایط آزمایشگاهی از خود نشان می‌دهد. مشخص گردیده است که فلوروتانین‌های موجود در جلبک سیستوسریا ترینودیس، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بسیار قوی بوده و دارای پتانسیل بسیار بالایی در مهار رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Sathya *et al*., 2017).

ژله یا لرزانک، آب میوه پخته شده در شکر حاوی ژلاتین است که در هوای سرد منعقد می‌شود. در حال حاضر ژله بیشتر به صورت پودر ژله یافت می‌شود که باید آن را با آب سرد و گرم مخلوط و در یخچال منعقد کرد. تغذیه با ژله بر سلامتی انسان تأثیر به سزایی دارد. ژله در رژیم لاغری، به علت جذب دائمی آب و عدم وجود چربی و کربوهیدرات، تجویز می‌شود. همچنین با جایگزین شدن به جای ماده پروتیدی در بیمارانی که نباید نمک مصرف نمایند؛ کمک شایانی به بیمار می‌شود. به علاوه به دلیل سرشار بودن ژلاتین از پروتئین و مواد معدنی مورد لزوم بیمار، در رژیم دوره نقاهت مفید است. ژلاتین به‌دلیل غنای اسیدآمینه هیستیدینی، می‌تواند به عنوان عامل بازگرداننده هموگلوبین خون (همراه با سایر مواد مانند آهن)، در درمان کم‌خونی مفید واقع گردد. همچنین قادر است به دلیل ایجاد لخته مصنوعی و قدرت جذب خون، از خون‌ریزی جلوگیری نماید. با توجه به این‌که محلول رقیق‌تر از ۸ ٪ آن دارای خاصیت نگه‌داری آب و جذب تدریجی است، می‌تواند به عمل خون‌سازی کمک نماید (Sobral *et al*., 2001).

از آنجایی که یک ماده غذایی ممکن است به طور طبیعی گرفتار کمبود ترکیبات شیمیایی مفید و مؤثر بر سلامتی باشد. در این صورت می‌توان ترکیبات شیمیایی مفید و مؤثر را طبق روش خاصی به ماده غذایی اضافه نمود تا به این ترتیب کمبود آن از نقطه نظر این ترکیبات جبران شود که با این کار می‌توان کیفیت تغذیه‌ای فرآورده‌های غذایی تولیدی را افزایش داد و همچنین از توازن تغذیه‌ای فرآورده‌های غذایی تولید شده که جایگزین سایر غذاها می‌شوند اطمینان داشت. لذا از اهداف این مطالعه شناسایی ترکیبات فعال زیستی‌عصاره جلبک

قهوه‌ای سیستوسریا با استفاده از دستگاه GC-MS و ارزیابی خصوصیات حسی و رنگ ژله خوراکی غنی شده با آن می‌باشد.

مواد و روش ها

- مواد

حلال‌ها و مواد شیمیایی شامل اتانول، اسید سیتریک خوراکی، ان- هگزان، کلروفرم و متانول از شرکت مرک آلمان تهیه گردیدند. پودر ژلاتین بدون طعم و مزه با درجه بلوم ۲۲۵ و مش ۳۰ از شرکت تولیدی فرات تهران، شکر از شرکت سهامی قند ایران، اسانس پرتقالی از شرکت صنایع غذایی زرین تابا تهیه گردیدند.

- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری جلبک سیستوسریا از نقاط مختلف سواحل دریای خلیج فارس (استان بوشهر)، سواحل نفتکش و ریشهر که دارای بیشترین تجمع بود در اوایل فصل بهار سال ۱۳۹۵ با روش غواصی از عمق ۳ متری دریا جمع‌آوری گردید (شکل ۱). نمونه‌ها با مراجعه به منابع و کتب راهنمای جلبک‌شناسی از روش‌های مرسوم با توجه به شکل ظاهری جلبک‌ها در حد جنس شناسایی شدند (Barsanti & Gualtieri, 2014). شکل ۱ ظاهر جلبک قهوه‌ای سیستوسریا بدست آمده از این منطقه را نشان می‌دهد.

شکل ۱- شکل ظاهری جلبک قهوه‌ای سیستوسریا بدست آمده از منطقه نفتکش سواحل دریای استان بوشهر (خلیج فارس)

- تهیه عصاره جلبک سیستوسریا

جهت تهیه عصاره از روش Ponce و همکاران (۲۰۰۳)، استفاده گردید. پس از انجام نمونه‌برداری و شناسایی جلبک، نمونه‌ها در آزمایشگاه توسط آب شیرین شستشو و از مواد زائد و اپی‌فیت جدا شد و تا خشک شدن کامل در سایه نگهداری و سپس آسیاب و سپس توزین گردید. مقدار ۱۰۰ گرم نمونه در ۵۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ تحت تأثیر همزن مکانیکی به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق بهم زده شد. مجددا به مدت ۲۴ ساعت در ۷۰ درجه سانتی‌گراد این عمل تکرار گردید. باقیمانده نهایی توسط سانتریفیوژ بازیافت و سپس استخراج آن با ۱۶۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه در دمای اتاق به مدت ۷ ساعت صورت گرفت. پس از عمل سانتریفیوژ، مجددا استخراج با آب در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. مشاهده مقدار کمی کریستال، به منزله دستیابی به عصاره نهایی می‌باشد. به منظور تغلیظ عصاره، از دستگاه روتاری استفاده گردید (Ponce *et al*., 2003). عصاره بدست آمده لیوفیلیزه و تا زمان کوتاه آنالیز، در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری گردید.

- آماده سازی ژله

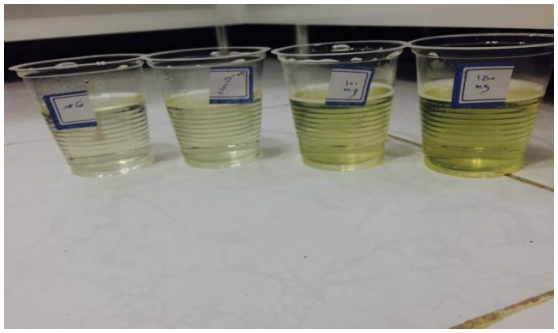
فرمولاسیون پایه ژله با استفاده از ترکیبات ژلاتین خوراکی (۱/۵ گرم)، اسیدسیتریک خوراکی (۰/۱۶ گرم) و اسانس پرتقال (۰/۱۲ گرم) و ۱۶ گرم ساکاروز تنظیم گردید. پس از انجام آزمایشات اولیه با بکارگیری غلظت‌های مختلف عصاره جلبک سیستوسریا و مقایسه نتایج (داده‌ها در این مقاله نشان داده نشده‌اند) غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم انتخاب گردید. نمونه‌ها مطابق فرمولاسیون جدول ۱ در حجم ۱۲۰ میلی‌لیتر آب جوش حل شده و پس از ۲ الی ۳ دقیقه مخلوط سازی کامل، به مدت نیم ساعت در دمای اتاق و سپس برای ۲ الی ۳ ساعت در یخچال قرار گرفتند تا فرایند بستن ژله کامل گردد (Cheow *et al*., 2007).

جدول ۱- فرمولاسیون ژله

ترکیبات	فرمول ۱	فرمول ۲	فرمول ۳	فرمول ٤
ساکاروز(گرم)	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
ژلاتین(گرم)	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
عصاره (میلی گرم)	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰
سایر مواد*	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸

* سایر مواد: اسید سیتریک، اسانس پرتقالی

شکل ۲ ژله‌های غنی شده با جلبک قهوه‌ای سیستوسریا و نمونه شاهد را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمونه شاهد و ژله‌های غنی شده با جلبک قهوه‌ای سیستوسریا

- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و حسی

- شناسایی ترکیبات شیمیایی عصاره جلبک سیستوسریا

شناسایی ترکیبات شیمیایی جلبک سیستوسریا، با استفاده از دستگاه GC-MS مدل GC- Agilent 5890B, MS-5977A، ساخت کشور استرالیا انجام گردید. این دستگاه مجهز به Purge & trap Teledyne Tekmar-14-9800-200، آشکارساز جرمی، ستون کاپیلاری HP-5MS (طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ستون ۲۵۰ میلی‌لیتر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر) بود. در برنامه ریزی دمایی، دمای آون به مدت یک دقیقه ۵۰ درجه سانتیگراد با سرعت یک درجه سانتی‌گراد در دقیقه بود. سپس دما به ۳۰۰ درجه سانتیگراد با گرادیان ۱۵ درجه سانتیگراد در دقیقه رسید. زمان‌های Hold Time و Run Time به ترتیب ۲۰ و ۳۷/۶۶ دقیقه و همچنین دماهای اینجکتور و دتکتور به ترتیب ۱۲۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد بودند. منبع یون MSD و درجه حرارت چهار قطبی به ترتیب ۲۳۰ و ۱۵۰ درجه سانتیگراد بود. از گاز هلیوم با فلوی ۲۱/۷ میلی‌لیتر بر دقیقه و فشار ۳۰:۱۴psi به عنوان گاز حامل استفاده گردید. پردازش با استفاده از نرم‌افزار Chemstation صورت گرفت. از طیف سنج جرمی چهار قطبی کوادراپل با الکترون یونیزاسیون طیف جرمی در محدوده اسکن ۵۰۰-۵۰ و حالت انرژی الکترون‌های ۷۰eV استفاده گردید. همچنین میزان تزریق برابر یک میکرومتر بود. شناسایی ترکیبات بر اساس طیف سنج جرمی با استفاده از داده‌های کتابخانه دستگاه وایلی و نیست آدامز انجام شد (Kishimoto *et al*., 2005). درصد ترکیبات در نمونه ماکروجلبک از محاسبه سطح زیر منحنی GC-MS مشخص گردید.

- اندازه گیری رنگ

برای تشخیص رنگ محصول، علاوه بر ارزیابی حسی، عملیات تصویربرداری و پردازش تصویر جهت استخراج پارامترهای رنگی در فضای رنگی (L*a*b) انجام شد و از نرم‌افزار Image J برای پردازش تصاویر ژله خوراکی استفاده شد. برای تصویرگیری از اتاقک پوشیده شده با پارچه مشکی جهت جلوگیری از بازتاب نور در فضا و ایجاد نوسان، استفاده گردید. جهت ایجاد نور از دو لامپ فلوئورسنت استفاده شد. تصویرگیری با استفاده از دوربین Canon مدل پاورشات A520 انجام شد. دوربین در فاصله ۲۰ سانتی‌متری نمونه‌ها و موازی با آن‌ها روی پایه ثابت بود. این فضای رنگی از سه مؤلفه (L*) معادل تیرگی-روشنی که بیشتر شدن آن نشان‌دهنده روشن‌تر بودن و کمتر شدن آن تیرگی را نشان می‌دهد. مقادیر مولفه (a*)نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است. مقادیر (b*) نامحدود است و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است. این سیستم رنگی عملکرد مشابه چشم انسان دارد. در اکثر موارد در پژوهش‌های صنایع غذایی از این فضای رنگی (L*a*b) استفاده می‌شود (Paderschi *et al*., 2006).

- ارزیابی خواص حسی

به‌منظور بررسی ویژگی حسی نمونه‌ها، پس از آموزش‌های مقدماتی در مورد آزمون حسی، ۱۰ داوطلب با رضایت آگاهانه، از میان دانشجویان گروه صنایع غذایی موسسه خرد بوشهر به عنوان ارزیاب انتخاب شدند. جهت ارزیابی حسی نمونه های تولیدی از روش هدونیک ۵ امتیازی استفاده شد. عدد ۱ نشانگر کمترین امتیاز و عدد ۵ نشانگر بیشترین امتیاز بود. به هر ارزیاب چهار نمونه در ظروف مجزا داده شد که توسط کدهای فرمولی از هم تفکیک شده بودند، یک لیوان آب به همراه یک فرم امتیازدهی داده شد. هر ارزیاب نمونه ها را بصورت تصادفی و انفرادی ارزیابی کرده و بین هر نمونه آب خنک نوشیده می‌شد. ویژگی‌های حسی از جمله رنگ، عطر و طعم ، بافت

و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت (Barrantes *et al*., 1994).

- اندازه‌گیری سینرسیس

سینرسیس نمونه‌های ژله به عنوان یکی از فاکتورهای مهم فیزیکی در تولید ژله، ۲ ساعت پس از بستن ژله با استفاده از سانتریفیوژ دور ۵۰۰۰g، در دمای محیط اندازه‌گیری شد. مقدار مایع جدا شده از بافت ژله اندازه‌گیری و درصد سینرسیس مطابق رابطه ۱ محاسبه گردید (Sahan *et al*., 2008).

$$\%\text{سینرسیس} = \frac{\text{وزن کل مایع جدا شده}}{\text{وزن کل ژله}} \times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

- تجزیه و تحلیل آماری

تحقیق بصورت طرح آماری کاملا تصادفی انجام گردید. اختلاف معنی‌داری بین تیمارها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک نرم‌افزار SPSS انجام شد و ارتباط بین پارامترهای حسی با استفاده از روش همبستگی آنالیز گردید. از نرم افزار Excel 2010 برای ترسیم نمودارهای مربوطه کمک گرفته شد. تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد. نتایج به صورت مقادیر میانگین و انحراف معیار استاندارد (SD) بیان شد (Burns *et al*., 2008).

یافته‌ها

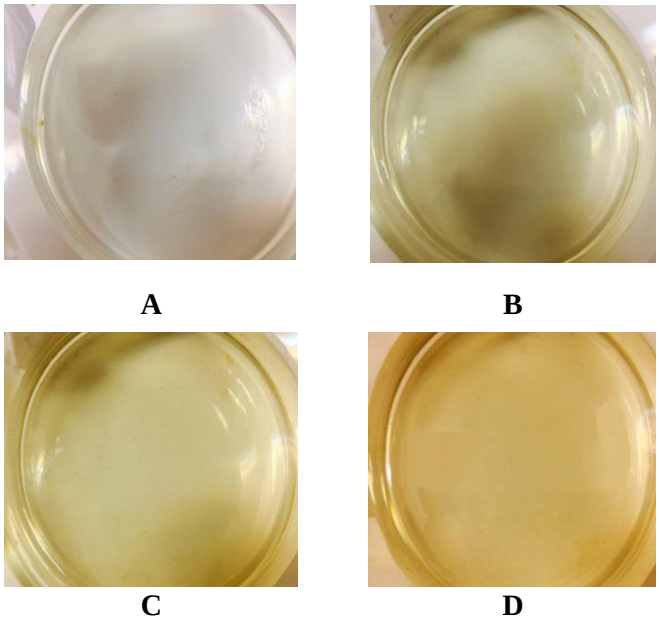
شناسایی ترکیبات مختلف در سیستوسریا و مقایسه با ترکیبات فعال در مطالعات پیشین، می‌تواند به پیش‌بینی خواص بیولوژیکی آن‌ها کمک نماید. این گمانه، موجب سهولت مطالعات خواص بیولوژیکی ترکیبات جدید و در نتیجه، سهولت مطالعات اثرات درمانی و دارویی آن‌ها می‌گردد. از آنالیز جلبک سیستوسریا با استفاده از دستگاه GC-MS، دوازده ترکیب (XII)، شناسایی گردیدند (جدول ۲).

- نتایج آنالیز رنگ

تغییرات میزان پارامترهای (L^* ، a^* و b^*) رنگ ژله در طی افزودن عصاره جلبک در چهار سطح صفر،۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بررسی شد. بررسی تغییرات روشنایی (L^*) نشان داد با افزایش مقدار عصاره در ژله، پارامتر (L*) و روشنایی نمونه‌ها افزایش یافت. بررسی تغییرات (a^*) نشان داد با افزایش مقدار عصاره در ژله، پارامتر (a^*) کاهش یافت و رنگ نمونه سبزتر می‌شود. بررسی تغییرات روشنایی (b^*) نشان می‌دهد با افزایش مقدار عصاره در ژله، پارامتر (b^*) و زردی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. شکل ۳ تصاویر ژله‌های تولیدی، نمونه شاهد (A)، ۵۰ میلی‌گرم سیستوسریا (B)، ۱۰۰ میلی‌گرم سیستوسریا (C)، ۱۵۰ میلی‌گرم سیستوسریا (D) را نشان می‌دهد.

جدول ۲- دوازده ترکیب (XII) به دست آمده از آنالیز سیستوسریا با استفاده از دستگاه GC-MS

ردیف	فرمول ملکولی	نام ترکیب	زمان بازداری	درصد	جرم ملکولی
I.	$C_7H_{14}O$	2-Heptanone	۴/۸۲۴	۲۴/۳۱	۱۱۴/۱۸۸
II.	$C_{10}H_{15}NO$	(PSE) Pseudoephedrine	۵/۹۱۲	۱۴/۷۰	۱۶۵/۲۳۶
III.	C_3H_9N	Trimethylamine (TMA)	۵/۹۶۷	۲۱/۴۹	۵۹/۱۱۲
IV.	$C_{19}H_{18}O$	Nonanal	۶/۴۱۲	۴/۴	۱۴۲/۲۴۲
V.	$C_5H_{10}O$	2-pentanone	۷/۸۱۰	۱۴/۴۱	۸۶/۱۳۴
VI.	$C_{11}H_9CLN_2O$	1-H-Pyrazole-4-carboxaldehyde,5-chloro-3-Methyl-1-phenyl	۱۱/۵۵۰	۲/۰۸	۲۲۰/۶۵۶
VII.	$C_{19}H_{40}$	Octadecane,6-Methyl	۱۱/۹۷۱	۹/۱۷	۲۶۸/۵۲۰۹
VIII.	$C_{15}H_{24}O$	6,4-di-tert-Butyl-m-cresol	۱۴/۶۴۷	۷/۷	۲۵۶/۳۵۶
IX.	$C_{16}H_{30}O_4$	Pentanoic acid,2,2,4trimethyl-3-carboxyisopropyl,isobutyle	۱۵/۲۱۳	۰/۲	۲۸۶/۴۱۲
X.	$C_{14}H_{30}$	Tetradecane	۱۶/۱۲۲	۱/۱۲	۱۹۸/۳۹۴
XI.	$C_{25}H_{38}O_2$	9,12-octadecadienoic acid (z,z),Phenylmethylester	۱۶/۹۰	۰/۲۳	۳۷۰/۵۷۵
XII.	$C_6H_{10}O$	2,4-Hexadien-1-ol	۲۱/۹۸۵	۰/۱۳	۹۸/۱۴۵



شکل ۳-تصاویر ژله های تولیدی حاوی غلظت های مختلف ماکروجلبک، بدون سیستوسریا (A)، ۵۰ میلی‌گرم سیستوسریا (B) ، ۱۰۰ میلی‌گرم سیستوسریا (C)، ۱۵۰ میلی‌گرم سیستوسریا (D)

- نتایج ارزیابی حسی

تعیین کیفیت یک فرآورده بر اساس اطلاعات دریافتی از پنج حس بینایی، شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه ارزیابی حسی گفته می‌شود که این روش بهترین راه برای ارزیابی عطر و طعم و بافت در انواع غذاهای جدید به ویژه غذاهای ترکیبی (فرموله) در مراحل اولیه توسعه می‌باشد (Abbasi and Rahimi, 2007).

با توجه به جدول ۳ و مقایسه نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی به ترتیب ۵۰ میلی‌گرم (تیمار ۱)، ۱۰۰ میلی‌گرم (تیمار۲) و ۱۵۰ میلی‌گرم (تیمار۳) عصاره جلبک سیستوسریا می‌توان دریافت که غلظت‌های مختلف عصاره جلبک سیستوسریا به طور معنی‌داری بر رنگ ژله‌ها مؤثر بوده (P<۰/۰۵) و رنگ ژله تولیدی مورد مقبولیت قرار گرفت. نتایج حاصل از ارزیابی حسی آزمون هدونیک ۵ امتیازی نمونه‌های ژله تولیدی نشان داد که کمترین مطلوبیت رنگ مربوط به نمونه شاهد و بعد از آن تیمار ۱ با اختلاف معنی‌داری دارای مطلوبیت رنگی بیشتر بود. تیمار ۲ با اختلاف معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد و تیمار ۱ دارای مطلوبیت رنگی بیشتر بود. بیشترین مطلوبیت رنگ مربوط به ژله حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک (تیمار ۳) با اختلاف معنی‌داری نسبت به ژله حاوی ۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوریا (تیمار ۱) بود.

با توجه به جدول ۳ و مقایسه نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی به ترتیب ۵۰ میلی‌گرم (تیمار ۱)، ۱۰۰ میلی‌گرم (تیمار۲) و ۱۵۰ میلی‌گرم (تیمار۳) عصاره جلبک سیستوسریا مشاهده می‌شود عصاره جلبک سیستوسریا اثر معنی‌داری بر بافت ژله‌ها بعد از افزودن داشت (P<۰/۰۵) و بافت ژله تولیدی مورد مقبولیت واقع شد. نتایج حاصل از ارزیابی حسی آزمون هدونیک ۵ امتیازی نمونه‌های ژله تولیدی نشان می‌دهد که کمترین مطلوبیت بافت مربوط به نمونه شاهد و بعد از آن تیمار ۱ با اختلاف معنی‌داری دارای مطلوبیت بافت بود. بیشترین مطلوبیت بافت مربوط به ژله حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک (تیمار ۳) با اختلاف معنی‌داری نسبت به ژله حاوی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا (تیمارهای ۲ و۱) بود.

با توجه به جدول ۳ و مقایسه عطر و طعم ژله خوراکی نمونه شاهد با ژله خوراکی حاوی غلظت‌های مختلف عصاره جلبک سیستوسریا مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا (تیمار۳) از لحاظ عطر و طعم کمترین امتیاز را به خود اختصاص داد. پس از آن نمونه حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا (تیمار ۲) با اختلاف معنی‌داری مقبولیت بیشتری از نظر عطر و طعم نسبت به نمونه حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا (تیمار ۳) داشت. بین نمونه شاهد و تیمار

۱ از نظر عطر و طعم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مجموع، بیشترین امتیاز عطر و طعم مربوط به ژله خوراکی حاوی ۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا (تیمار ۱) بود.

با توجه به نتایج مقایسه بافت، رنگ ظاهری و عطر و طعم نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی به ترتیب ۵۰ میلی‌گرم (تیمار ۱)، ۱۰۰ میلی‌گرم (تیمار ۲) و ۱۵۰ میلی‌گرم (تیمار ۳) عصاره جلبک سیستوسریا می‌توان گفت که به ترتیب با افزودن عصاره جلبک سیستوسریا به ژله، بافت و رنگ نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافته ولی طعم آن‌ها تا غلظت ۵۰ میلی‌گرم ثابت مانده و پس از آن کاهش می‌یابد. توصیه می شود جهت بهبود عطر و طعم در نمونه های تولیدی با غلظت های بالای جلبک از اسانس و طعم‌دهنده مجاز خوراکی، استفاده نمود.

مطابق نتایج، ژله حاوی ۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا (تیمار۱) دارای بالاترین امتیاز در پذیرش کلی نمونه بود. ژله حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم عصاره (تیمار۲) و ۱۵۰ میلی گرم عصاره(تیمار ۳) با اختلاف معنی‌داری در رتبه بعدی قرار گرفت .همچنین، کمترین مقبولیت مربوط به نمونه شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت.

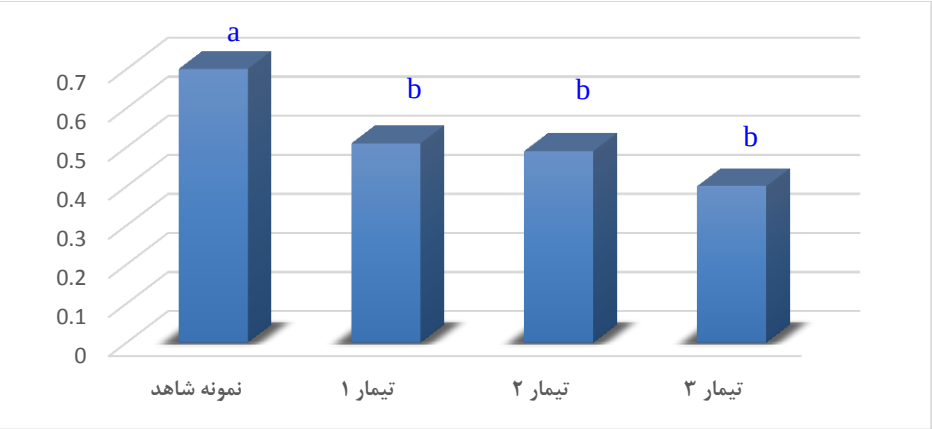
- نتایج آزمون سینرسیس

با توجه به نمودار ۱، نمونه شاهد به جهت اختلاف معنی‌دار سینرسیس (آب اندازی) که بیانگر از دست دادن آب پس از بستن ژله است، نتیجه مناسبی را در مجموع نشان نداد. عدم اختلاف معنی داری در سینرسیس تیمارهای حاوی عصاره جلبک به معنای قابلیت حفظ آب درون بافتی ژله بوده و این ویژگی علاوه بر حفظ کیفیت ظاهری بافت ژله در ماندگاری محصول و عدم رشد میگروارگانیسم‌ها نیز می تواند مؤثر باشد.

جدول ۳- ارزیابی حسی ژله های تولیدی

پارامتر / تیمار	بافت	عطر و طعم	رنگ ظاهری	پذیرش کلی
شاهد	۳/۷۳±۰/۱^{c}	۴/۵۲±۰/۲^{a}	۴/۱۹±۰/۵^{c}	۴/۰۳±۰/۷^{c}
تیمار ۱	۴/۲۴±۰/۱^{b}	۴/۶۳±۰/۴^{a}	۴/۷۵±۰/۳^{b}	۴/۸۵±۰/۳^{a}
تیمار۲	۴/۳۳±۰/۲^{b}	۴/۰۱±۰/۱^{b}	۴/۹۲±۰/۱^{a}	۴/۴۲±۰/۳^{b}
تیمار۳	۴/۸۶±۰/۱^{a}	۳/۷۳±۰/۳^{c}	۴/۹۶±۰/۲^{a}	۴/۳۳±۰/۴^{b}

حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دارآماری در سطح اطمینان ۹۵٪ می باشد تیمار ۱(ژله خوراکی حاوی ۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا)، تیمار ۲ (ژله خوراکی حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا)، تیمار ۳ (ژله خوراکی حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا)



نمودار ۱- نتایج آزمون سینرسیس ژله شاهد ، تیمار ۱(ژله خوراکی حاوی ۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا)، تیمار ۲ (ژله خوراکی حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا)، تیمار ۳ (ژله خوراکی حاوی ۱۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا)

بحث

جلبک‌های قهوه‌ای سیستوسریا به واسطه داشتن درصد بالای ترکیبات پلیمری، قادرند مولکول‌های آب را جذب نموده و به حالت ژله‌ای درآیند (Dulger *et al*., 2009). در میان ماکروجلبک‌ها بالاترین فعالیت بیولوژیکی و بیشترین مقدار ترکیبات ارزشمند مانیتول، فلوروگلوسینول، فوکواسترول، پلی‌ساکارید سولفاته و اسیدهای چرب اولئیک، آراشیدونیک و ایکوزاپنتانوئیک مربوط به جلبک سیستوسریا می‌باشد (Andrade *et al*., 2013).

اثرات بیولوژیکی مواد مختلف یا عصاره آن‌ها ارتباط مستقیمی با ترکیبات شیمیایی موجود در آن‌ها دارد. هرترکیب شیمیایی یا متابولیت ثانویه می‌تواند دارای اثرات بیولوژیکی مفید و یا مضری چون سمیت وابسته به دوز باشد. در مطالعه حاضر، عصاره جلبک قهوه‌ای سیستوسریا حاوی ۱۲ ترکیب شیمیایی بود. مطابق بررسی‌های انجام شده در متون مختلف، ترکیبات شیمیایی مشابه با ترکیبات شناسایی گردیده در جلبک قهوه‌ای سیستوسریا، بدون هیچ‌گونه گزارشی از اثرات سمیت، دارای اثرات بسیار مفید درمانی، پزشکی و تغذیه‌ای بودند. بررسی ترکیبات شیمیایی (متابولیت‌های ثانویه) بدست آمده در این مطالعه نیز، نه تنها نشان از ایمنی ترکیبات موجود دارد؛ بلکه اثرات مفید غذا- دارویی و درمانی بسیاری از آنها در منابع مختلف مشخص گردیده‌اند. از بین ترکیبات شناسایی شده در مطالعه حاضر، ترکیب ۲- پنتانون[1] (2-Pentanone) با فراوانی ٪۲۴/۳۱ یافت گردید. این ترکیب، در مطالعه Kengar و همکاران در سال ۲۰۱۵، نیز با مقدار ٪۲۲/۵۰ از عصاره آبی برگ‌های تازه و خشک سداب[2] استخراج گردید. مطابق مطالعات پیشین، ۲- هپتانون، به عنوان یک دافع برای آفات عمل می‌کند. این عصاره به طور طبیعی در برخی مواد غذایی خاص مانند آبجو، نان سفید، کره، پنیر و سیب‌زمینی وجود دارد و در صنایع غذایی، یک افزودنی مجاز محسوب مسی‌شود (Sammataro *et al*., 2009) بنابراین، این ترکیب در عصاره جلبک سیستوسریا، می‌تواند به‌عنوان یک ترکیب‌دفع‌آفات نباتی‌در محصول، عمل‌نماید.

ترکیب پزودوافدرین[3]، در مطالعه حاضر با مقدار ۱۴/۷۰ درصد یافت گردید. این ترکیب در مطالعه Dehkordi و همکاران در سال ۲۰۱۵، با مقدار ۱۳/۰۲ درصد از عصاره گیاه *Ephedra foliate* استخراج گردید و دارای اثر آنتی‌باکتریال علیه باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس، انتروباکتر آئروژناز، باسیلوس سرئوس، سودوموناس آیروژینوزا، پروتئوس وولگاریس بود. همچنین، نشان داده شد که این عصاره با IC_{50} کمتر از ۰/۰۵۶ میلی‌گرم/ میلی‌لیتر دارای اثر آنتی‌اکسیدانی مطلوب می‌باشد. این ترکیب، یک داروی سمپاتومیمتیک از رده فنتیل آمین‌ها و آمفتامین‌ها می‌باشد که در سینوس و گرفتگی بینی استفاده می‌شود (Hodges *et al*., 2006). همچنین، این ترکیب شیمیایی جهت کاهش ورم غشاء مخاط بینی، پرخونی بافت، سرماخوردگی، آلرژی (Oliver *et al*., 1999)، بی‌اختیاری ادرار، به ویژه پیشگیری از نعوظ دائم و مکرر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Minamizawa *et al*., 2006). حضور این ترکیب در محصول تولید شده، می‌تواند به عنوان یک عامل آنتی باکتریایی عمل نماید.

آلرژی غذایی یک مساله مهم سلامت عمومی است که کودکان و بزرگسالان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و شیوع آن رو به افزایش است. علی‌رغم خطر واکنش‌های شدید آلرژیک و حتی مرگ، درمان رایجی برای آلرژی غذایی وجود ندارد (Mounesan *et al*., 2013). وجود این ترکیب در محصول ژله تولیدی، ممکن است در علائم آلرژیک مفید باشد.

ترکیب تری متیل آمین[4] که در مطالعه حاضر با فراوانی ٪۲۱/۴۹ یافت گردید، در مطالعه Sintermann و همکاران در سال ۲۰۱۴، نیز با مقدار ٪۱۸/۱۴ حاصل تجزیه در ۶۰ گاو شیری گزارش گردیده بود. این ترکیب در سنتز کولین[5] که یک ماده شیمیایی موجود در ویتامین B می‌باشد نقش دارد. همچنین اثر مثبت بر سلامت انسان و بیماری‌های قلبی-عروقی دارد. با مصرف غذاهای حاوی کولین مانند تخم‌مرغ، گوشت گاو، محصولات لبنی و سبزیجات می‌توان TMA جذب کرد و سلامت بدن را بالا برد. وجود این ترکیب در این عصاره می‌تواند در سنتز کولین مؤثر باشد. همچنین این ترکیب، بر سلامت و بیماری‌های قلبی-عروقی مؤثر است (Sintermann *et al*., 2014). شاید مصرف ژله خوراکی غنی شده با عصاره جلبک سیستوسریا

[1] 2-Pentanone [2] *Ruta graveolens L* [3] Pseudoephedrine [4] Trimethylamine [5] Choline

به دلیل حضور ترکیب تری متیل آمین بتواند در پیشگیری از این عارضه‌ها موثر باشد.

ترکیب نونانال[1] که در مطالعه حاضر از عصاره هیدروالکلی جلبک سیستوسریا یافت گردید؛ در مطالعه Greene-McDowelle و همکاران در سال ۱۹۹۹، از عصاره اتانولی برگ گیاه پنبه نیز بدست آمد. مطابق مطالعات پیشین، این ترکیب در کاهش تولید افلاتوکسین از آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس نقش به سزایی داشته است (Greene-McDowelle *et al*., 1999). حضور نونانال در عصاره جلبکی می‌تواند در کاهش تولید افلاتوکسین و یا رشد این توکسین‌های قارچی در ژله مؤثر باشد.

همچنین طبق مطالعه Fernando و همکاران در سال ۲۰۰۵، این ترکیب که یکی از اجزای تشکیل‌دهنده اصلی روغن‌های ضروری درختی بامیه است دارای اثرات ضد قارچی علیه ساملارومایسز سرویزیه می‌باشد. محتمل است حضور این ترکیب بتواند از فعالیت این قارچ در ژله خوراکی جلوگیری نماید.

فراوانی ترکیب ۲- پنتانون، در عصاره جلبک سیستوسریا حدود ٪۱۴/۴۱ بود. Jordan و همکاران در سال ۲۰۰۱، ترکیب ۲-پنتانون را با مقدار ٪۲/۹۸ از عصاره آبی موز استخراج نمودند. این ترکیب که بویی شبیه به استون دارد به صورت طبیعی در سیب، روغن سویا و آناناس یافت می‌شود و دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. بنابراین می‌توان انتظار اثرات آنتی‌اکسیدانی ۲-پنتانون در عصاره جلبک سیستوسریا در ژله تولید شده را داشت (Jordan *et al*., 2001).

از بین ترکیبات شناسایی شده در مطالعه حاضر، ترکیب ۱-H- پیروزیل-۴-کروبوکسالدهید -۵ کلرو-۳- متیل- ۱ فنیل نیز یافت شد. مطابق مطالعه Farghaly و همکاران در سال ۲۰۱۲، این ترکیب دارای فعالیت‌های بیولوژیکی گسترده‌ای از جمله فعالیت ضد التهابی، ضد میکروبی، ضد قارچ، ضد سرطان، ضدویروس، هیپولیپیدمی، آنتی‌اکسیدانی و تقویت‌کنندگی سیستم‌های ایمنی می‌باشد. با توجه به نتایج این مطالعه و از طرفی وجود این ترکیب در جلبک سیستوسریا، فعالیت‌های بیولوژیکی گسترده‌ای از جمله فعالیت ضد التهابی، ضد میکروبی، ضد قارچ، ضدسرطان، ضد ویروس، هیپولیپیدمی، آنتی‌اکسیدانی و تقویت‌کنندگی سیستم‌های ایمنی در محصول بدست آمده محتمل است.

همچنین، با توجه به عوارض و هزینه‌های بالای داروهای شیمیایی از جمله داروهای افزایش چربی خون، سوگرایی به ترکیبات با منشاء طبیعی نظیر گیاهان و جلبک‌های دارویی و میوه‌جات، علاوه بر کاهش هزینه‌های درمان، نتایج رضایت بخشی در درمان این بیماری در بسیاری از جوامع داشته است. باید توجه داشت که تمایل به مصرف جلبک دارویی کاهش دهنده چربی‌های خون در اکثر جوامع حتی در کشورهای پیشرفته نیز بطور گسترده‌ای عمومیت یافته است. علاوه بر این، آمار ابتلا به سرطان در کشور نگران کننده است و براساس اعلام سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۵ سالانه صد تا صد و ده هزار مورد جدید ابتلا به سرطان در کشور ثبت می‌شود و در کشورهای اروپایی نیز شیب ابتلا به این بیماری افزایش یافته است. هرچند که در کنار مرگ و میر ناشی از سرطان با پیشگیری و درمان به موقع، ۳۲ میلیون از بیماری رهایی یافته‌اند و به زندگی طبیعی خود ادامه می‌دهند. شاید مصرف ژله خوراکی غنی شده با عصاره جلبک سیستوسریا به دلیل حضور این ترکیب بتواند در پیشگیری از بروز این بیماری موثر باشد.

ترکیب اوکتادکان، ۶- متیل[2] در عصاره جلبک سیستوسریا با فراوانی ٪۹/۱۷ یافت گردید، در مطالعه Akpuaka و همکاران در سال ۲۰۱۳، نیز این ترکیب از عصاره آبی پوست میوه (سیب شکری) *Annona squamosa*، با مقدار ٪۸/۹۰ استخراج گردید. این ترکیب که دارای فعالیت ضدمیکروبی علیه باکتری‌های پاتوژن انسانی (سالمونلا تیفی) و خاصیت ضد قارچی (کاندیدا آلبیکنس) بود، به عنوان داروی متعارف در برابر میکروارگانیسم‌ها در نظر گرفته شد. همچنین طبق مطالعه Meenakshi و همکاران در سال ۲۰۱۳، این ترکیب با مقدار ٪۱/۲۰ در عصاره اتانولی *Polyclinum madrasensis* یافت شد و دارای فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله فعالیت ضد تومور، ضد سرطان، ضد آندروژنی، ضد میکروبی بود. ممکن است حضور این ترکیب در عصاره جلبک سیستوسریا بتواند از فعالیت‌های ضدمیکروبی بر باکتری‌های پاتوژن جلوگیری

[1] Nonanal

[2] Octadecane,6-Methyl

نماید. همچنین اثرات ضد توموری، ضد آندروژنی را در ژله خوراکی القاء نماید.

حدود ۶۸ درصد از مرگ و میرهای جهان ناشی از بیماری های غیر واگیر سرطان تومور، سرطان‌های مردانه، زنانه و غیره است که ۳۰ درصد این بیماری‌ها منجر به مرگ می‌شود. بروز سرطان به دلیل تغییر الگوی زندگی رو به افزایش است به طوری که سالانه بیش از ۹۰ هزار مورد سرطان جدید ثبت می‌شود. وجود این ترکیب در عصاره جلبک سیستوسریا و ژله خوراکی تولید شده با آن می‌تواند با داشتن اثر ضد سرطانی منبع مفیدی برای این بیماری‌ها باشد.

از بین ترکیبات شناسایی شده در مطالعه حاضر، ترکیب ۴،۶-دی-ترت-بوتیل- ام-کروسل[1] با فراوانی ٪۷/۷ یافت گردید. Akpuaka و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه خود، اثرات ضد قارچی علیه *Candida albicans*، حشره‌کشی دوبالان و لاروکش کنه‌های سفت این ترکیب شیمیایی را با مقدار ٪۲/۴۰ در عصاره آبی پوست را نشان دادند. این ترکیب که در عصاره جلبک سیستوسریا نیز یافت شد می-تواند به عنوان یک ترکیب طبیعی جایگزین مواد شیمیایی با خواص مشابه گردد.

ترکیب پنتانوئیک اسید،۲،۲،۴-تری متیل-۳-کربوکسی ایزوپروپیل، ایزوبوتیل[2] که در مطالعه حاضر با فراوانی ۰/۲ درصد یافت گردید، قبلا در مطالعه Youn و همکاران در سال ۲۰۱۲، با مقدار ۵/۸۳ درصد نیز یافت گردیده بود. آنها این ترکیب را به عنوان یک دافع لارو *Allomyrina dichotoma* معرفی نمودند. اثر آفت‌کشی ترکیب مذکور در عصاره جلبک سیستوسریا در مطالعه ما نیز محتمل است.

در یک مطالعه ترکیب تترادکان[3] همانند مطالعه حاضر ولی با مقدار متفاوت یافت گردید. Rahbar و همکاران در مطالعه خود در سال ۲۰۱۲، این ترکیب را با مقدار ٪۱۰/۲ در عصاره هگزانی ساقه و برگ گیاه مرزنجوش (*origanum vulgare*) وحشی که درشمال غرب ایران رشد می‌کند را شناسایی کردند. این ترکیب دارای اثرات آنتی‌باکتریال علیه باکتری‌های گرم مثبت وگرم منفی باسیلوس سودوموناس، استافیلوکوکوس اورئوس، اشریشیا کلای، استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس، باسیلوس سوبتیلیس، کلبسیلا پنومونیه، سودوموناس آئروژینوزا، انتروکوکوس فکالیس و اثرات ضد قارچی علیه قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر و کاندیدا آلبیکانس بود. عصاره این گیاه معطر به علت حضور ترکیب تترادکان و داشتن فعالیت بیولوژیکی بالا به عنوان ادویه در پخت و پز و ترشی‌جات استفاده می-شود. از این ترکیب که در مطالعه حاضر هم شناسایی شد می‌توان همان انتظار را داشت.

ترکیب ۱۲،۹- اوکتادکانوئیک اسید،فنیل متیل استر[4] که در مطالعه حاضر با فراوانی ٪۰/۲۳ یافت گردید در مطالعه Vaithiyanathan و همکاران در سال ۲۰۱۵، با مقدار ۰/۲۲ درصد نیز در عصاره متانولی *Pergularia daemia* یافت شد. این ترکیب دارای فعالیت‌های بیولوژیکی گسترده‌ای از جمله فعالیت ضدالتهابی، ضد جوش و آکنه و ضد حساسیت بود. همچنین به عنوان داروی محافظت-کننده کبد و کلیه، ضد آندروژنیک، مهار کننده کاهنده کلسترولامین، آنتی‌هیستامین، ضد تشنج، هیپولیپیدمی و جلوگیری از بیماری‌های قلبی معرفی شد. این ترکیب که در مطالعه حاضر نیز شناسایی شد می‌تواند فعالیت‌های بیولوژیکی گسترده‌ای از جمله فعالیت ضدالتهابی، ضد جوش و آکنه و ضد حساسیت را به ژله بدهد. مطابق این مطالعه، ترکیب مذکور می‌تواند به عنوان محافظت‌کننده کبد و کلیه، ضد آندروژنیک، مهار کننده کاهنده کلسترولامین، آنتی‌هیستامین، ضد تشنج، هیپولیپیدمی و جلوگیری از بیماری‌های قلبی عمل نماید.

ترکیب ۴،۲- هگزادین-۱- اول[5] درعصاره هیدروالکلی جلبک سیستوسریا یافت گردید. در مطالعه El-Tantawy و همکاران در سال ۲۰۱۶، این ترکیب در عصاره آبی گیاه *Nephrolepis exaltata* که در جنگل‌های مرطوب و مرداب‌ها به ویژه در مکزیک و آفریقا و غرب هند یافت می‌شود و گیاه *Nephrolepis cordifolia* واقع در شمال شرق استرالیا، یافت شد و دارای خاصیت ضد قارچ، ضد باکتری و ضد توموری می‌باشد. همان‌گونه که در جدول ۱ ذکر گردیده است این ترکیب که در عصاره جلبک سیستوسریا شناسایی شد می‌تواند اثرات ضد قارچی، ضد باکتری و ضد تومور در ژله خوراکی داشته باشد. میـزان

[1] 6,4-di-tert-Butyl-m-cresol [2] Pentanoic acid, 2,2,4-trimethyl-3-carboxyisopropyl,isobutyle
[3] Tetradecane [4] 9,12-octadecadienoic acid (z,z), Phenylmethylester [5] 2,4-Hexadien-1-ol

بروز متوسط بیماری توموری سالانه ۴/۷ در هر صدهزار نفر برای تومورهای خوش‌خیم و ۰/۹ در هر صد هزار نفر برای تومورهای بدخیم است (Liberman *et al*., 1996). بنابراین ممکن است حضور این ترکیب در ژله تولیدی اثرات ضد توموری داشته باشد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که ترکیبات موجود در عصاره جلبک سیستوسریا دارای اثرات بالقوه بیولوژیکی از خاصیت آنتی‌باکتریال و آنتی توموری تا اثرات نگهدارنگی و طعم‌دهندگی می‌باشند که از عصاره آن می‌توان علاوه بر یک افزودنی در ژل به ترکیبات غذایی دیگری نظیر بستنی، ماکارونی و سایر مواد غذایی اضافه نمود. همچنین می‌توان با خالص‌سازی هرکدام از ترکیبات مورد نظر از خواص درمانی، دارویی و غذایی به صورت خالص شده بهره برد.

سابقه استفاده از پیگمان‌های موجود در جلبک‌ها در منابع پیشین موجود است. مطابق مطالعه Plaza و همکاران در سال ۲۰۰۸، زیست توده ماکروجلبک به عنوان یک منبع پیگمان رنگی طبیعی، در یک محدوده وسیعی از فرآورده‌های غذایی از قبیل امولسیون روغن در آب، بیسکوئیت‌ها، محصولات لبنی، پاستیل‌ها و ژله‌های غذایی با موفقیت مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین، طبق مطالعه Durmaz و همکاران در سال ۲۰۰۸، افزودن جلبک سیستوسریا در سیستم‌های غذایی ژلی منجر به تولید محصولاتی با خواص ملایم و مطلوب (به خصوص رنگ) گردید. در مطالعه اخیر نیز افزودن عصاره جلبک سیستوسریا در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم به ژله تولیدی منجر به ایجاد شفافیت بیشتر و زردی گردید. بنابراین می‌توان این عصاره را به عنوان یک رنگ‌دهنده طبیعی، جایگزین مناسبی برای برخی از رنگ‌دهنده‌های شیمیایی که اثرات سوءشان محرز است در نظر گرفت.

قوام، استحکام و ماندگاری ژله در اثر افزودن عصاره جلبک‌های مختلف در منابع آکادمیک، هرچند محدود، به اثبات رسیده‌اند. تولستوگوزوف و همکاران در سال ۱۹۹۵ در یک مطالعه با هدف مشابه، نشان دادند که ساختمان جدید و متخلخل ژله، فضای کافی برای به دام انداختن آب و تشکیل ژل مناسب را فراهم می‌کند. لازم به ذکر است در این نوع ژله‌ها که منافذ ریزتری دارند امکان آب‌اندازی بعدی ژله کمتر می‌گردد و ماندگاری ژله بعد از تولید افزایش می‌یابد. این نوع ساختمان ژلی ممکن است با سازگاری بین پروتئین ماکروجلبک با سایر اجزای نمونه مرتبط باشد. در بین برهم کنش پروتئین–پلی‌ساکارید ناسازگاری ترمودینامیکی بسیار رایج‌تر می‌باشد.

طبق مطالعه Batista و همکاران در سال ۲۰۰۶، با جذب آب توسط جلبک، استحکام و پایداری ژله افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات Chronakis و همکاران در سال ۲۰۰۱ نشان داد با افزایش حفرات، غلظت قند و پروتئین، الاستیسیته ژله نیز افزایش می‌یابد که این ناشی از پیوندهای الکترواستاتیک حین تشکیل ژل می‌باشد. نتایج افزودن عصاره جلبک سیستوسریا به ژله خوراکی در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم نیز نتایجی مشابه با مطالعات مورد بررسی داشت. می‌توان گفت که با افزایش غلظت عصاره جلبک مذکور منافذ ژله ریزتر، امکان آب‌اندازی بعدی ژله کمتر و در نهایت استحکام، پایداری و ماندگاری ژله بیشتر شد.

نتیجه‌گیری

از آنجایی که یک ماده غذایی ممکن است به طور طبیعی گرفتار کمبود ترکیبات شیمیایی مفید و مؤثر بر سلامتی باشد، در این صورت می‌توان ترکیبات شیمیایی مفید و مؤثر را طبق روش خاصی به ماده غذایی اضافه نمود تا به این ترتیب کمبود آن از نقطه نظر این ترکیبات جبران شود که با این کار می‌توان کیفیت تغذیه‌ای فرآورده‌های غذایی تولیدی را افزایش داد و همچنین از توازن تغذیه‌ای فرآورده‌های غذایی تولید شده که جایگزین سایر غذاها می‌شوند اطمینان داشت. آنالیز GC-MS عصاره جلبک سیستوسریا، تعداد ۱۲ ترکیب شیمیایی با فعالیت بیولوژیکی مختلف با اثرات غذایی–دارویی را نشان داد. بررسی‌ها نشان داد که امتیاز رنگ با افزودن عصاره جلبک مذکور افزایش یافت. پذیرش کلی نمونه‌ها نشان داد ژله حاوی ۵۰ میلی‌گرم عصاره جلبک سیستوسریا دارای بیشترین مقبولیت می‌باشد. کاهش سینرسیس در تیمارهای حاوی عصاره جلبک موید قابلیت حفظ آب درون بافتی ژله بود که این ویژگی بر حفظ کیفیت ظاهری بافت ژله موثر گزارش شد. بافت ژله تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نشان داد و در سطح ۱۵۰ میلی‌گرم به بالاترین سطح خود رسید.

با استفاده از ۵۰ میلی‌گرم عصاره ماکروجلبک قهوه‌ای سیستوسریا در فرمولاسیون ژله خوراکی می توان محصولی با کیفیت تغذیه‌ای مطلوب تولید کرد. بر طبق بیانات ارائه شده، استفاده و کاربرد جلبک سیستوسریا به عنوان یک منبع دریایی هم از دیدگاه تغذیه‌ای و هم از دیدگاه صنعتی، دستاورد علمی قابل توجهی است. وجود بسیاری از فاکتورهای تغذیه‌ای مهم و اساسی در این جلبک انگیزه اصلی تولید محصولات جدید تجاری خواهد بود.

منابع

Abbasi, S. & Rahimi, S. (2007). Introduction of an unknown local plant gum: Persian gum. Flour and Food Industry Magazine, 4, 42-51.

Akpuaka, A., Ekwenchi, M. M., Dashak, D. A. & Dildar, A. (2013). Biological activities of characterized isolates of n-hexane extract of Azadirachta indica A. Juss (Neem) leaves. New York Science Journal, 6, 119-124.

Andrade, P. B., Barbosa, M., Matos, R. P., Lopes, G., Vinholes, J., Mouga, T. & Valentão, P. (2013). Valuable compounds in macroalgae extracts. Food Chemistry, 138(2), 1819-1828.

Barrantes, E., Tamime, A. Y. & Sword, A. M. (1994). Production of low-calorie yoghurt using skim milk and fat-substitutes: 3. Microbiological and organoleptic qualities. Milchwissenschaft.

Barsanti, L. & Gualtieri, P. (2006). Algae: anatomy, biochemistry, and biotechnology. CRC Press Boca Raton.

Batista, A. P., Raymundo, A., Sousa, I. & Empis, J. (2006). Rheological characterization of coloured oil-in-water food emulsions with lutein and phycocyanin added to the oil and aqueous phases. Food Hydrocolloids, 20, 44-52.

Burns, R. P. & Burns, R. (2008). Business research methods and statistics using SPSS. Sage.

Cheow, C. S., Norizah, M. S., Kyaw, Z. Y. & Howell, N. K. (2007). Preparation and characterisation of gelatins from the skins of sin croaker (Johnius dussumieri) and shortfin scad (Decapterus macrosoma). Food Chemistry, 101, 386-391.

Chronakis, I. S. (2001). Gelation of edible blue-green algae protein isolate (Spirulina platensis strain pacifica): thermal transitions, rheological properties, and molecular forces involved. Journal Agricalture Food Chemical, 49, 888-898.

Dehkordi, N. V., Kachouie, N. A., Pirbalouti, A. G., Malekpoor, F. & Rabei, M. (2015). Total phenolic content, antioxidant and antibacterial activities of extracts of Ephedra foliate. Acta Poloniae Pharmaceutica- Drug Research. 72, 341-345.

Dobashi, K., Nishino, T., Fujihara, M. & Nagumo, T. (1989). Isolation and preliminary characterization of fucose-containing sulfated polysamlharides with blood-anticoagulant activity from the brown seaweed Hizikia fusiforme. Carbohydrate Research, 194, 315-320.

Draisma, S. G., Ballesteros, E., Rousseau, F. & Thibaut, T. (2010). DNA sequence data demonstrate the polyphyly of the genus Cystoseira and other Sargassaceae genera (Phaeophyceae). Journal of Phycology, 46, 1329-1345.

Dulger, B., Hacioglu, N., Erdugan, H. & Aysel, V. (2009). Antimicrobial activity of some brown algae from Turkey. Asian Journal of Chemistry, 21, 4113.

Durmaz, Y., Duyar, H. A., GÖkpinar, Ş., Taskaya, L., Öğretmen, Y. Ö., Bandarra, N. M. & Nunes, M. L. (2008). Fatty Acids, α-tocopherol and Total Pigment Contents of Cystoseira spp., Ulva spp. and Zostera spp. from Sinop Bay (Turkey). International Journal of Natural & Engineering Sciences, 2(3), 111-114.

El-Tantawy, M. E., Shams, M. M. & Afifi, M. S. (2016). Chemical composition and biological evaluation of the volatile constituents from the aerial parts of Nephrolepis exaltata (L.) and Nephrolepis cordifolia (L.) C. Presl grown in Egypt. Natural Product Research, 30, 1197-1201.

FAO. (2014). The state of the world fisheries and aquaculture 2014. FAO, Rome, p 223.

FAO. (2015). FAO Global Aquaculture Production statistics database updated to 2013: Summary information. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Farghaly, A. R., Esmail, S., Abdel-Hafez, A., Vanelle, P. & El-Kashef, H. (2012). New pyrazole derivatives of potential biological activity. Arkivoc, 7, 228-241.

Fernando, W. D., Ramarathnam, R., Krishnamoorthy, A. S. & Savchuk, S. C. (2005). Identification and use of potential bacterial organic antifungal volatiles in biocontrol. Soil Biology and Biochemistry, 37(5), 955-964.

Greene-McDowelle, D. M., Ingber, B., Wright, M. S., Zeringue, H. J., Bhatnagar, D. & Cleveland, T. E. (1999). The effects of selected cotton-leaf volatiles on growth, development and aflatoxin production of Aspergillus parasiticus. Toxicon, 37, 883-893.

Hodges, K., Hancock, S., Currell, K., Hamilton, B. & Jeukendrup, A. E. (2006). Pseudoephedrine enhances performance in 1500-m runners. Medicine and Science in Sports and Exercise, 38, 329-333.

Jiao, L., Li, X., Li, T., Jiang, P., Zhang, L., Wu, M. & Zhang, L. (2009). Characterization and anti-tumor activity of alkali-extracted polysamlharide from Enteromorphaintestinalis. International Immunopharmacology, 9, 324-329.

Jordán, M. J., Tandon, K., Shaw, P. E. & Goodner, K. L. (2001). Aromatic Profile of Aqueous Banana Essence and Banana Fruit by Gas Chromatography− Mass Spectrometry (GC-MS) and Gas Chromatography− Olfactometry (GC-O). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 4813-4817.

Kengar, A. A. & Paratkar, G. T. (2015). International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology. International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology, 2, 33-37.

Khani, M. H., Keshtkar, A. R., Ghannadi, M. & Pahlavanzadeh, H. (2008). Equilibrium, kinetic and thermodynamic study of the biosorption of uranium onto Cystoseria indica algae. Journal of Hazardous Materials, 150, 612-618.

Kishimoto, T., Wanikawa, A., Kagami, N. & Kawatsura, K. (2005). Analysis of hop-derived terpenoids in beer and evaluation of their behavior using the stir bar sorptive extraction method with GC-MS. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, 4701-4707.

Kovalenko, I., Zdyrko, B., Magasinski, A., Hertzberg, B., Milicev, Z., Burtovyy, R., Luzinov, I. & Yushin, G. (2011). A major constituent of brown algae for use in high-capacity Li-ion batteries. Science, 334, 75-79.

Liberman, L., Bonaccio, E., Hamele-Bena, D., Abramson, A. F., Cohen, M. A. & Dershaw, D. D. (1996). Benign and malignant phyllodes tumors: mammographic and sonographic findings. Radiology, 198, 121-124.

Li, D. Y., Xu, R. Y., Zhou, W. Z., Sheng, X. B., Yang, A. Y. & Cheng, J. L. (2002). Effects of fucoidan extracted from brown seaweed on lipid peroxidation in mice. Acta Nutrimenta Sinica, 24, 389-392.

Li, D. Y., Xu, Z., Huang, L. M., Wang, H. B. & Zhang, S. H. (2001). Effect of fucoidan of *L. japonica* on rats with hyperlipidaemia. Food Science, 22, 92-95.

Li, D. Y., Xu, Z. & Zhang, S. H. (1999). Prevention and cure of fucoidan of L. japonica on mice with hypercholesterolemia. Food Science, 20, 45-46.

Meenakshi, V. K., Veerabahu, C. & Roselin, K. F. (2013). GC-MS and IR Studies of ethanolic extract of colonial ascidian-Polyclinum madrasensis Sebastian, 1952. Journal of Pharmacological Sciences, 4, 1187-1198.

Minamizawa, K., Goto, H., Ohi, Y., Shimada, Y., Terasawa, K. & Haji, A. (2006). Effect of d-pseudoephedrine on cough reflex and its mode of action in guinea pigs. Journal of Pharmacological Sciences, 102, 136-142.

Mohebbi, G. H., Nabipour, I. & Vazirizadeh, A. (2014). The sea, the future pharmacy. Iranian South Medical Journal, 17, 748-788.

Mounesan, L., Nedjat, S., Majdzadeh, R., Rashidian, A. & Gholami, J. (2013). Only one third of Tehran's physicians are familiar with Evidence-Based Clinical Guidelines. International Journal of Preventive Medicine, 4, 349.

Nishino, T., Yokoyama, G., Dobashi, K., Fujihara, M. & Nagumo, T. (1989). Isolation, purification, and characterization of fucose-containing sulfated polysamlharides from the brown seaweed Ecklonia kurome and their blood-anticoagulant activities. Carbohydrate Research, 186, 119-129.

Oliver, A. L., Anderson, B. N. & Roddick, F. A. (1999). Factors affecting the production of L-phenylacetylcarbinol by yeast: a case study. Advances in Microbial Physiology, 41, 1-45.

Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D. & Moyano, P. (2006). Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. Food Research International, 39, 1092-1098.

Plaza, M., Cifuentes, A. & Ibáñez, E. (2008). In the search of new functional food ingredients from algae. Trends in Food Science and Technology, 19, 31-39.

Ponce, N. M., Pujol, C. A., Damonte, E. B., Flores, L. & Stortz, C. A. (2003). Fucoidans from the brown seaweed Adenocystis utricularis: extraction methods, antiviral activity and structural studies. Carbohydrate Research, 338, 153-165.

Rahbar, N., Shafaghat, A. & Salimi, F. (2012). Antimicrobial activity and constituents of the hexane extracts from leaf and stem of Origanum vulgare L. ssp. Viride (Boiss.) Hayek. growing wild in Northwest Iran. Journal of Medicinal Plants Research, 6, 2681-2685.

Sahan, N., Yasar, K., & Hayaloglu, A. A. (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β-glucan hydrocolloidal composite during storage. Food Hydrocolloids, 22, 1291-1297.

Sathya, R., Kanaga, N., Sankar, P. & Jeeva, S. (2017). Antioxidant properties of phlorotannins from brown seaweed Cystoseira trinodis (Forsskål) C. Agardh. Arabian Journal of Chemistry, 10, S2608-S2614.

Sammataro, D., Finley, J., LeBlanc, B., Wardell, G., Ahumada-Segura, F., & Carroll, M. J. (2009). Feeding essential oils and 2-heptanone in sugar syrup and liquid protein diets to honey bees (Apis mellifera L.) as potential Varroa mite (Varroa destructor) controls. Journal of Apicultural Research, 48(4), 256-262.

Shibata, H., Kimura-Takagi, I., Nagaoka, M., Hashimoto, S., Aiyama, R., Iha, M., Ueyama, S. & Yokokura, T. (2000). Properties of fucoidan from Cladosiphon okamuranus tokida in gastric mucosal protection. Biofactors, 11, 235-245.

Sintermann, J., Schallhart, S., Kajos, M., Jocher, M., Bracher, A., Münger, A. & Ruuskanen, T. (2014). Trimethylamine emissions in animal husbandry. Biogeosciences, 11, 5073-5085.

Sobral, P. D. A., Menegalli, F. C., Hubinger, M. D. & Roques, M. A. (2001). Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. Food Hydrocolloids, 15, 423-432.

Stirk, W. A., Reinecke, D. L. & van Staden, J. (2007). Seasonal variation in antifungal, antibacterial and acetylcholinesterase activity in seven South African seaweeds. Journal of Applied Phycology, 19, 271-276.

Tolstoguzov, V. B. (1995). Some physico-chemical aspects of protein processing in foods. Multicomponent gels. Food Hydrocolloids, 9, 317-332.

Vaithiyanathan, V. & Mirunalini, S. (2015). Quantitative variation of bioactive phyto compounds in ethyl acetate and methanol extracts of Pergularia daemia (Forsk.) Chiov. Journal of Biomedical Research, 29, 169.

Volka, R.B. & Furkert, F.H. (2006). Antialgal, antibacterial and antifungal activity of two metabolites produced and excreted by cyanobacteria during growth. Microbiological Research, 161, 180-186.

Veena, C. K., Josephine, A., Preetha, S. P., Rajesh, N. G. & Varalakshmi, P. (2008). Mitochondrial dysfunction in an animal model of hyperoxaluria: a prophylactic approach with fucoidan. European Journal of Pharmacology, 579, 330-336.

Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E. & Brawley, S. H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. Journal of Applied Phycology, 29, 949-982.

Yang, J. W., Yoon, S. Y., Oh, S. J., Kim, S. K. & Kang, K. W. (2006). Bifunctional effects of fucoidan on the expression of inducible nitric oxide synthase. Biochemical and Biophysical Research Communications, 346, 345-350.

Youn, K., Kim, J. Y., Yeo, H., Yun, E. Y., Hwang, J. S. & Jun, M. (2012). Fatty acid and volatile oil compositions of *Allomyrina dichotoma* larvae. Preventive Nutrition and Food Science, 17, 310-314.