Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

A review on commercialized algae products and their application in different industries

Mehdi Alboofetileh[*1], Samira Jeddi[2]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Fish Processing Technology Research Center, Iranian Fisheries Science Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran. E-mail: mehdi.alboofetileh@gmail.com
2. Researcher, Fish Processing Technology Research Center, Iranian Fisheries Science Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran. E-mail: jeddi.ch.88@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Extension Paper

Article history:
Received: 05.17.2022
Revised: 05.21.2022
Accepted: 06.06.2022

Keywords:
Algae,
Bioactive compounds,
Biological properties,
Commercialized products

ABSTRACT

Algae are an important source of bioactive compounds extraction. To date, several compounds have been identified and extracted from algae and finally used in the different industries. The present study reviews the commercialized algae products and their derivatives, as well as applications of these products in the different industries. This study showed that animal feed, food products and nutraceuticals are the major commercialized algae products. Nori, Wakame, Kombu and Dulse are the most common macroalgae species for human consumption. Spirulina and *Chlorella* are widely used as food supplements for humans and animals. Agar, Alginate, Carrageenan and Fucoidan are the most important polysaccharides extracted and commercialized from macroalgae and they are used in the formulation of food products, cosmetics and nutraceuticals. Fucosantine, astaxanthin, beta-carotene, and phycobiliproteins are algae-derived pigments which used as natural dyes in food products, cosmetics, and animal feed. Polyunsaturated fatty acids are another high value product extracted from algae that has health-promoting properties and a potential applications in different industrial. In addition, algae are used in aquaculture and agricultural fertilizers.

Cite this article: Alboofetileh, Mehdi, Jeddi, Samira. 2022. A review on commercialized algae products and their application in different industries. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 11 (3), 85-108.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2022.20229.1661
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

مروری بر محصولات تجاری شده جلبک‌ها و کاربرد آن‌ها در صنایع مختلف

مهدی آل‌بوفتیله*[۱]، سمیرا جدی[۲]

۱. نویسنده مسئول، استادیار مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران. رایانامه: mehdi.alboofetileh@gmail.com

۲. محقق مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران. رایانامه: jeddi.ch.88@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- ترویجی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰۲/۲۷
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰۲/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۳/۱٦

واژه‌های کلیدی:
ترکیبات زیست‌فعال،
جلبک،
محصولات تجاری شده،
ویژگی‌های زیست‌فعالی

چکیده

جلبک‌ها منبع مهمی برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال می‌باشند. تاکنون ترکیبات متعددی در این منابع شناسایی، استخراج و در نهایت در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مطالعه حاضر، مروری بر محصولات تجاری شده جلبک‌ها و ترکیبات مشتق شده آن‌ها و هم‌چنین کاربردهای این محصولات در صنایع مختلف می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خوراک حیوانات، محصولات غذایی و غذا/داروها عمده‌ترین محصولات تجاری شده جلبک‌ها می‌باشند. ماکرو جلبک‌های Nori، Wakame، Kombu و Dulse رایج‌ترین گونه‌ها برای مصرف به‌عنوان غذای انسان هستند. میکروجلبک‌های Spirulina و *Chlorella* به‌طور گسترده‌ای به عنوان مکمل‌های غذایی برای انسان و حیوانات مورد استفاده قرار می‌گیرند. آگار، آلژینات، کاراگینان و فوکوئیدان مهم‌ترین پلی‌ساکاریدهای تجاری شده از ماکروجلبک‌ها بوده و در فرمولاسیون محصولات غذایی، آرایشی-بهداشتی و مکمل‌ها کاربرد دارند. فوکوزانتین، آستاگزانتین، بتاکاروتن و فیکو بیلی پروتئین‌ها، رنگدانه‌های استخراج شده از جلبک‌ها می‌باشند که به‌عنوان رنگ طبیعی در محصولات غذایی، آرایشی-بهداشتی و خوراک حیوانات استفاده می‌شوند. اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه یکی دیگر از محصولات با ارزش بالا استخراج شده از جلبک‌ها بوده که دارای ویژگی‌های ارتقاءدهنده سلامتی و کاربردهای بالقوه در صنایع مختلف هستند. علاوه بر این‌ها، جلبک‌ها در صنعت آبزی‌پروری و کودهای کشاورزی نیز کاربرد دارند.

استناد: آل‌بوفتیله، مهدی، جدی، سمیرا (۱۴۰۱). مروری بر محصولات تجاری شده جلبک‌ها و کاربرد آن‌ها در صنایع مختلف. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۱ (۳)، ۱۰۸-۸۵.
DOI: 10.22069/japu.2022.20229.1661

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

محیط‌های دریایی با توجه به وسعت زیاد هم‌چنین تنوع موجودات آبزی می‌توانند منبع بسیار مهمی برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال باشند. اما تاکنون مطالعات صورت پذیرفته در این حوزه نسبت به محیط‌های خشکی کم‌تر بوده است. محیط‌های دریایی شامل انواع مختلفی از جانوران، گیاهان، جلبک‌ها، باکتری‌ها و غیره بوده که هر یک از این دسته‌ها، تنوع گونه‌ای بالایی دارا می‌باشند. جاندران محیط‌های دریایی با توجه به شرایط محیطی خاص محل زیست خود، دارای استراتژی‌های خاصی جهت بقا هستند. یکی از این استراتژی‌ها، تولید ترکیبات مختلف به‌ویژه متابولیت‌های ثانویه در شرایط خاص زیست محیطی می‌باشد (۱).

از بین موجودات آبزی دریایی، جلبک‌ها یکی از غنی‌ترین منابع ترکیبات زیست‌فعال به شمار می‌آیند. جلبک‌ها خود به دو دسته میکروجلبک‌ها و ماکروجلبک‌ها تقسیم شده و از ۳۰۰۰۰ تا بیش از ۱ میلیون گونه دارا می‌باشند (۲). ماکروجلبک‌ها براساس نوع رنگدانه به سه دسته جلبک‌های قرمز (Rhodophyceae)، قهوه‌ای (Phaeophyceae) و سبز (Chlorophyceae) تقسیم‌بندی می‌شوند. تاکنون ترکیبات متعددی هم‌چون پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، چربی‌ها، ویتامین‌ها، رنگدانه‌ها، مواد معدنی و پلی‌فنول‌ها در جلبک‌ها شناسایی و در گام بعد از آن‌ها استخراج شده است (۳). پژوهش‌های پیشین مشخص کرده است که هر یک از این ترکیبات می‌توانند دارای ویژگی‌های زیستی و یا ویژگی‌های عملکردی و یا هر دوی این موارد را داشته باشند. بر این اساس، ترکیبات یاد شده پتانسیل استفاده به‌عنوان جزء فعال در فرمولاسیون فرآورده‌های مختلف و یا به صورت تکی، کاربردهای متعددی در صنایع مختلف دارند. علاوه بر این جلبک‌ها به علت دارا بودن ویژگی‌هایی مانند پرورش آسان، رشد سریع و امکان تولید برخی متابولیت‌های خاص از طریق دستکاری در محیط کشت، توجه بسیاری از پژوهشگران و متولیان امر صنایع مختلف غذایی و دارویی را به خود جلب نموده‌اند (٤). بر این اساس در دهه‌های گذشته پژوهش‌های گسترده‌ای برای شناخت، استخراج و به‌کارگیری ترکیبات جلبکی صورت پذیرفته و نتایج این پژوهش‌ها در نهایت منجر به تولید و عرضه ترکیبات حاصل از جلبک‌ها به صورت خالص یا استفاده در فرمولاسیون سایر فرآورده‌ها شده است. در مطالعه حاضر، انواع محصولات تجاری شده جلبک‌ها معرفی و اطلاعات مورد نیاز در مورد ساختار، ویژگی‌ها و کاربردهای آن‌ها در صنایع مختلف به تفصیل آورده شده است.

انواع محصولات تجاری شده جلبک‌ها

محصولات استخراج شده از جلبک‌ها

آلژینات: آلژین از اجزای دیواره سلولی جلبک‌های قهوه‌ای بوده که از واحدهای مونورونیک اسید و گلوکورونیک اسید تشکیل می‌شود. از نظر فیزیولوژیک آلژین‌ها جذب فعال و انتقال اکسیژن را از غشاء سلول تحریک کرده که در نتیجه آن متابولیسم سلول در سطح بالاتری انجام شده و نهایتاً سلول‌ها عملکرد بهتری خواهند داشت. رایج‌ترین اشکال استفاده شده آلژین، آلژینات سدیم می‌باشد. این ترکیب قابلیت جذب آب بالایی داشته و هم‌چنین هم در آب سرد و هم در آب گرم محلول می‌باشد (۵). پلی‌ساکارید آلژینات تاکنون از جلبک‌های قهوه‌ای گونه‌های *Laminaria hyperborean*، *Laminaria japonica*، *Ascophyllum nodosum* (٦)، *Macrocystis pyrifera* (۷)، *Sargassum muticum* (۸)، *Sargassum latiffolium* (۹)، *Sargassum vulgare*

Cystoseira trinode، *Cystoseira myrica*، *Sargassum dentifolium*، *Sargassum asperifolium* (۱۰) و *Sargassum ilicifolium* (۱۱) و هم‌چنین از باکتری‌های گرم منفی سویه‌های *Azotobacter vinelandi* و چند گونه از جنس *Pseudomonas*، که به عنوان پلی‌ساکارید خارج سلولی تولید می‌شوند، استخراج شده است (۱۲). در مناطق معتدل، آلژینات‌ها عمدتاً از جلبک‌هایی هم‌چون *Ascophyllum nodosum*، *Macrocyctis pyrifera* و *Laminaria sp.* استخراج می‌شوند. حال آن‌که در مناطق استوایی عمدتاً گونه‌های مربوط به جنس‌های Sargassum، Turbinaria و Padina به‌عنوان منبع اصلی استخراج آلژینات مورد استفاده قرار می‌گیرند. مطالعات پیشین بیانگر این است که آلژینات‌های استخراج شده از گونه‌های مختلف جلبکی دارای فعالیت‌های زیست‌فعالی متعددی مانند خواص ضداکسایشی، ضدانعقادی، ضدتوموری و ضدالتهابی (۱۳) می‌باشند. آلژینات‌ها نسبت به تخریب توسط آنزیم‌های آندروژنی انسانی نیز مقاوم بوده و بر این اساس می‌تواند به‌عنوان ماده پری‌بیوتیکی بحساب آیند. علاوه بر این، آلژینات‌ها دارای ویژگی‌های رئولوژیکی و امولسیفایری (۱۴ و ۱۵) مناسبی نیز هستند. از این‌رو پتانسیل بالائی جهت استفاده در محصولات غذایی، داروئی و آرایشی-بهداشتی به‌عنوان جزء عملگرا دارند. آلژینات در محصولات آرایشی-بهداشتی به‌عنوان عامل تغلیظ‌کننده و آبرسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر موراد گفته شده، آلژینات به دلیل وجود مولکول‌های هیدروفیلیک در ساختمان خود، می‌تواند با آب، محلول ویسکوز، ژل شفاف و بی‌رنگی را تشکیل دهد. بر این اساس این پلی‌ساکارید قابلیت تشکیل پوشش‌ها و فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر را نیز دارا می‌باشد (۱۶). تاکنون مطالعات متعددی در زمینه تهیه و استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی ساخته شده از آلژینات جهت افزایش مدت زمان نگهداری و جلوگیری از کاهش کیفیت طیف وسیعی از محصولات غذایی گزارش شده است (۱۷). آلژینات هم‌چنین در صنایع دیگری هم‌چون پزشکی (تهیه قالب اولیه دندان)، صنایع رنگ و چاپ (تثبیت‌کننده و قوام‌دهنده رنگ‌ها)، نساجی (خمیر چاپ و تثبیت رنگ‌ها روی پارچه)، کاغذسازی (افزایش درجه صافی سطح کاغذ، تنظیم جذب جوهر چاپ روی کاغذ و بهبود مقاومت در برابر مچاله شدن کاغذ)، صنعت آبزی‌پروری (غلیظ‌کننده و همبند غذای آبزیان)، کشاورزی (افزایش محصول) و جوشکاری (پوشش میله‌های جوش) نیز کاربرد دارد (جدول ۱) (۱۸).

آگار: آگار پلی ساکاریدی است که از دیواره جلبک‌های قرمز استخراج می‌گردد. این ترکیب به‌دلیل ویژگی‌های ژلی و تغلیظ‌کنندگی از نظر صنعتی بسیار با اهمیت می‌باشد (۱۹). آگار در ابتدا با نام‌های مختلفی همپون توکوروتن (Tokoroten، کشور ژاپن)، دانگ فئو (Dong Feu، کشور چین) ژلوز (Gelose، کشورهای فرانسه و پرتغالی زبان) و کانتن (Kanten) شناخته می‌شد (۲۰). اما متداول‌ترین اصطلاح پذیرفته شده بین‌المللی این ترکیب، واژه آگار می‌باشد. آگار اولین فیکوکلوئید و یکی از ابتدایی‌ترین ترکیبات غذایی تأیید شده توسط اداره غذا و دارو آمریکا (FDA) بوده و جزء لیست GRAS[1] طبقه‌بندی می‌شود (۲۱). در گذشته آگار به شکل‌های نواری و ورقه‌ای رایج بوده است اما امروزه بیش‌تر به‌صورت پودر کرم رنگ در دسترس می‌باشد (۲۲). محتوی آگار در گونه‌های مختلف جلبک‌ها، با هم تفاوت داشته و متغیر می‌باشد. غلظت دی‌اکسیدکربن، دمای آب و شدت نور فاکتورهای مؤثر در رشد

1- Generally Recognized as Safe

جلبک و در نتیجه محتوی آگار آن هستند. عوامل دیگری هم‌چون مرحله چرخه زندگی جلبک، زمان برداشت و روش استخراج در میزان محصول و کیفیت آگار استخراج شده، مؤثر هستند (۲۳). منابع اصلی آگار در جهان جلبک‌های جنس گراسیلاریا (۵۳ درصد) و ژیلیدیوم (٤٤ درصد) بوده و تنها بخش بسیار کوچکی (۳ درصد) از سایر گونه‌های جلبک‌های قرمز تولید می‌گردد (۲۳ و ٢٤). ترکیب پلیمری آگار از نظر ساختمان شیمیایی از دو پلی‌ساکارید آگارز (٦٠ درصد) و آگاروپکتین (٤٠ درصد) تشکیل می‌شود. خاصیت ژلاتینی آگار به دلیل ترکیب آگارز بوده، در حالی‌که ترکیب آگاروپکتین خاصیت چسبندگی ایجاد می‌کند. آگارز پلیمری تقریباً خنثی بوده که از واحدهای آگاروبیوز تشکیل می‌شود. آگاروپکتین یک ترکیب اسیدی است که ساختار پیچیده‌تری به نسبت آگارز دارد. این ترکیب حاوی میزان قابل‌توجهی گروه‌های سولفات، پیروات و گلوکرونات می‌باشد (۲۵ و ٢٦). آگار دارای ویژگی‌های زیست‌فعالی از جمله ویژگی‌های ضداکسایشی و ضدتوموری می‌باشد (۲۷). این پلی‌ساکارید در طیف وسیعی از کاخانجات صنایع غذایی، داروسازی، آرایشی-بهداشتی و هم‌چنین پژوهش‌های بیولوژیکی و پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۳ و ۲۸). از این بین، بیش‌ترین کاربرد آگار در صنعت غذا (۸۰ درصد) را داشته و بقیه (۲۰ درصد) در صنایع دیگر استفاده می‌شود (۲۹). کاربردهای آگار در صنعت غذا شامل فعالیت به‌عنوان عامل تثبیت‌کننده و افزایش ویسکوزیته در انواع روکش کرم‌ها، شیرینی‌جات، بستنی‌ها، ژله‌ها و غیره می‌باشد (جدول ۱). علاوه بر این، به منظور تغلیظ نمودن و بهبود قابلیت برش در فرآورده‌های لبنی تخمیر شده (پنیر خامه‌ای، ماست)، فرآورده‌های کنسروی و هم‌چنین کلوئیدی محافظ در محصولات گوشتی کاربرد دارد (۲۱، ۲۲ و ٢٦). در صنایع پزشکی و بهداشتی از آگار به عنوان ترکیب مهم محیط‌های کشت میکروبیولوژیک مناسب برای انواع باکتری‌ها و قارچ‌ها استفاده می‌شود. تهیه میلین نیز از دیگر کاربردهای آگار در صنایع پزشکی می‌باشد که با جذب آب و تحریک روده از یبوست جلوگیری می‌نماید. آگارز موجود در آگار نیز می‌تواند برای تخلیص و جداسازی پروتئین‌ها، ژل الکتروفورز، کروماتوگرافی و هم‌چنین تثبیت آنزیم‌ها در صنایع دارویی به کار می‌رود (۲۲). علاوه بر آن آگار می‌تواند در تهیه قرص، روکش کپسول‌ها، شربت‌های داروئی، تهیه قالب اولیه دندان و در تشخیص طبی بیماری‌ها در ژنتیک نیز مورد استفاده قرار گیرد (جدول ۱) (٢٦).

کاراگینان: یکی دیگر از پرکاربردترین ترکیبات استحصالی از ماکروجلبک‌ها، بیوپلیمر کاراگینان می‌باشد. این پلیمر زیستی که نوعی پلی‌ساکارید سولفاته است، از جلبک‌های قرمز استخراج می‌گردد. کاراگینان یک پلی‌ساکارید خطی بوده و زنجیره اصلی ساختار آن شامل گروه‌های سولفات و گالاکتوز می‌باشند. این پلی‌ساکارید از واحدهای دی-گالاکتوز و ۳و٦-انیدروگالاکتوز تشکیل شده که این موارد توسط پیوندهای گلیکوزیدی به یکدیگر متصل شده‌اند (۳۰). کاراگینان از لحاظ وزن مولکولی دارای محدوده وسیعی بوده و وزن مولکولی آن از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلودالتون متغیر می‌باشد. کاراگینان با توجه به ساختار دارای انواع مختلفی بوده و در حال حاضر سه نوع کاراگینان تجاری در بازار موجود می‌باشد. این سه نوع با توجه به تعداد گروه‌های سولفات در زنجیره پلیمری به انواع آیوتا، کاپا و لامبدا تقسیم‌بندی

می‌شوند (۳۱). هر کدام از این کاراگینان‌ها دارای ویژگی‌های متفاوتی از لحاظ انحلال در آب، استحکام، انعطاف‌پذیری و غیره دارا می‌باشند. به‌طور مثال لامبدا کاراگینان که حاوی بیش‌ترین مقدار استر سولفات می‌باشد، به‌طور کامل در آب محلول می‌باشد (۳۲). کاراگینان هم‌چنین دارای ویژگی‌های زیست‌فعالی متعددی هم‌چون ویژگی‌های ضداکسایشی، ضدتوموری، ضدانعقادی، ضددرد، ضددیابتی، ضدترومبوتیک (Antithrombotic)، تنظیم سیستم ایمنی و ضدویروسی می‌باشد (۳۰). با توجه به ساختار، انواع مختلف کاراگینان دارای کاربردهای مختلف و متنوعی هستند. این ترکیب در صنعت غذا به عنوان عامل تغلیظ‌کننده، ژل کننده، امولسیون کننده، تثبیت‌کننده مواد غذایی، قوام‌دهنده بستنی و لبنیات کاربرد دارد (جدول ۱) (۳۳). این پلی‌ساکارید هم‌چنین در زمینه بیوتکنولوژی به‌عنوان بستر برای سلول‌ها و آنزیم‌ها و در زمینه پزشکی جهت بررسی اثرات ضدالتهابی داروها، تهیه حامل‌های دارویی و مهندسی بافت مورد استفاده قرار می‌گیرد. تهیه پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی، تهیه بیوسنسورها و استفاده به‌عنوان پایدارکننده خمیر دندان از دیگر کاربردهای کاراگینان می‌باشند (۳۱). کاراگینان همچنین در محصولات آرایشی-بهداشتی به‌عنوان عامل تغلیظ‌کننده و حفظ‌کننده آب مورد استفاده قرار می‌گیرد (جدول ۱).

فوکوئیدان: پلی‌ساکاریدهای سولفاته جلبک‌های قهوه‌ای به طور کلی تحت عنوان فوکوئیدان نامگذاری می‌شوند (۳٤ و ۳۵). فوکوئیدان علاوه بر جلبک‌های قهوه‌ای، در بی‌مهرگان دریایی مانند خیار دریایی و توتیای دریایی نیز وجود دارد اما جلبک‌های قهوه‌ای منبع اصلی جهت استخراج فوکوئیدان به حساب می‌آیند (۳٦ و ۳۷). واحد اصلی سازنده فوکوئیدان‌ها، مونوساکارید فوکوز بوده که یکی از هشت قند بیولوژیکی ضروری می‌باشد. فوکوئیدان‌ها هم‌چنین حاوی مونوساکاریدهای مانوز، زایلوز، گالاکتوز و گلوکورونیک اسید نیز هستند (۳۸ و ۳۹). هم‌چنین فوکوئیدان در ساختار خود دارای گروه‌های عاملی سولفات نیز می‌باشد. مطالعات پیشین بیانگر این است که فوکوئیدان‌های استخراج شده از گونه‌های مختلف جلبکی، فعالیت‌های زیست‌فعالی متعددی مانند خواص ضداکسایشی، ضدانعقادی، ضدباکتریایی، ضدویروسی، ضدتوموری، تنظیم‌کنندگی سیستم ایمنی، ضد التهابی، اثرات محافظتی گوارشی و غیره را دارا هستند (٤۰). علاوه بر ویژگی‌های زیست‌فعالی، فوکوئیدان‌ها دارای ویژگی‌های امولسیفایری (١٤) نیز هستند. از این‌رو فوکوئیدان‌ها پتانسیل بالائی جهت استفاده در محصولات غذایی، داروئی و آرایشی-بهداشتی به‌عنوان جزء عملگرا دارند. بر این اساس تاکنون فرآورده‌های مختلفی از فوکوئیدان هم به‌صورت پودر و هم به صورت قرص‌های مکمل غذایی/داروئی تهیه و در بازار به فروش می‌رسند. علاوه بر اینها نوعی نوشیدنی حاوی فوکوئیدان نیز تولید و عرضه شده است (جدول ۱).

جدول ۱- منابع، ویژگی‌ها و کاربردهای پلی ساکاریدهای تجاری شده جلبک‌ها در صنایع مختلف.

ردیف	نوع ترکیب	منبع	ویژگی‌های زیستی/ فواید سلامتی	کاربرد در صنایع غذایی	کاربرد در دیگر صنایع
۱	آلژینات	ماکروجلبک‌های قهوه‌ای	ضداکسایشی، ضد انعقادی، ضد توموری، ضد التهابی، پری بیوتیکی	عامل ژل‌کننده، تثبیت‌کننده، قوام‌دهنده، امولسیون‌کننده محصولات، تهیه پوشش‌ها و فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر	عامل تغلیظ‌کننده و آبرسان در محصولات آرایشی-بهداشتی، تهیه قالب اولیه دندان، عامل تغلیظ‌کننده و همبند در غذای آبزیان، تثبیت و قوام رنگ‌ها در صنعت رنگ‌سازی، تثبیت رنگ‌ها روی پارچه در صنعت نساجی، فزایش درجه صافی سطح کاغذ، تنظیم جذب جوهر چاپ روی کاغذ و بهبود مقاومت در برابر مچاله شدن کاغذ، افزایش محصول در کشاورزی، پوشش میله‌های جوش در صنعت جوشکاری
۲	آگار	ماکروجلبک‌های قرمز	ضداکسایشی، ضدتوموری	عامل تغلیظ‌کننده، تثبیت‌کننده، ژل‌کننده در محصولات	تخلیص و جداسازی پروتئین‌ها، ژل الکتروفورز، کروماتوگرافی، تثبیت آنزیم‌ها، محیط کشت میکروبیولوژیک، تهیه میلین، تهیه قرص، روکش کپسول‌ها، شربت‌های داروئی، تهیه قالب اولیه دندان
۳	کاراگینان	ماکروجلبک‌های قرمز	ضداکسایشی، ضدتوموری، ضدانعقادی، ضددرد، ضددیابتی، ضدترومبوتیک، تنظیم سیستم ایمنی و ضدویروسی	عامل تغلیظ‌کننده، ژل‌کننده، امولسیون‌کننده، تثبیت‌کننده مواد غذایی، قوام‌دهنده محصولات، تهیه پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی	استفاده به‌عنوان بستر برای سلول‌ها و آنزیم‌ها، بررسی اثرات ضدالتهابی داروها، تهیه حامل‌های دارویی و مهندسی بافت، تهیه بیوسنسورها، پایدارکننده خمیر دندان، عامل تغلیظ‌کننده و حفظ‌کننده آب در محصولات آرایشی-بهداشتی
٤	فوکوئیدان	ماکروجلبک‌های قهوه‌ای	ضداکسایشی، ضدتوموری، ضدباکتریایی، ضدویروسی، ضدالتهابی، ضدانعقادی، اثرات محافظتی گوارشی، پری‌بیوتیکی، تنظیم‌کنندگی سیستم ایمنی، امولسیفایری	جزء فعال و عملگرا در غذاها و نوشیدنی‌های فراسودمند	جزء فعال در مکمل‌های داروئی

فوکوزانتین: فوکوزانتین نوعی رنگدانه زانتوفیلی[1] می‌باشد که در جلبک‌های قهوه‌ای و برخی میکروجلبک‌ها مثل *Phaedactylum tricornotum*، *Odontella aurita* و *Isochrysis affinis galbana* یافت می‌شود (٤١ و ٤٢). تخمین زده می‌شود که فوکوزانتین بیش از ۱۰ درصد تولید کل رنگدانه‌های کارتنوئیدی در طبیعت را شامل می‌شود. این ترکیب در جلبک‌ها در جذب نور و انتقال انرژی نقش ایفا می‌کند (٤٣). در حال حاضر منبع اصلی فوکوزانتین

1- Xanthophyll

تجاری موجود در بازار، جلبک‌های قهوه‌ای بوده اما مطالعات جهت تولید فوکوزانتین از میکروجلبک‌ها در حال انجام می‌باشد. ساختار فوکوزانتین شامل پیوند آلنیک (Allenic) غیرمعمول، اپوکسید (Epoxide) و گروه کربونیل کونژوگه در زنجیره پلی‌انی (Polyene) می‌باشد (٤٤). این ترکیب دارای ویژگی‌های زیست‌فعالی متعددی هم‌چون ضداکسایشی، ضدسرطانی، ضدچاقی، ضدالتهابی، ضددیابتی، anticarcinogenic، anti-angiogenic و ضدرگ‌زایی می‌باشد (٤٥). از این‌رو فوکوزانتین می‌تواند به‌عنوان یک افزودنی در محصولات غذایی و نوشیدنی‌های فراسودمند، جزء فعال در محصولات آرایشی-بهداشتی و هم‌چنین به صورت مکمل دارویی در درمان و جلوگیری از بیماری‌های مزمن مورد استفاده قرار بگیرد (جدول ۲). با این‌حال این ترکیب بسیار حساس به نور، pH، اکسیژن گرما و آنزیم‌ها می‌باشد. در صورت مواجه با این عوامل و اکسید شدن و یا ایزومریزاسیون، این ترکیب ویژگی‌های زیستی خود را از دست خواهد داد. هم‌چنین کاربرد این ترکیب در محصولات غذایی آبکی به دلیل انحلال کم آن در آب با محدودیت روبرو می‌باشد (٤٦).

آستاگزانتین: آستاگزانتین رنگدانه‌ای از خانواده زانتوفیل‌ها بوده و یکی از معروفترین رنگدانه‌های کاروتنوئیدی می‌باشد. این ترکیب دارای ساختار چندغیراشباعی بوده و پیوندهای دوگانه متعددی در ساختار خود دارا می‌باشد (٤٧). آستاگزانتین رنگدانه محلول در چربی و رنگ آن نارنجی متمایل به قرمز می‌باشد. آستاگزانتین به دو فرم مصنوعی و طبیعی در بازار موجود می‌باشد. فرم مصنوعی آن که از منابع پتروشیمی تهیه می‌شود به دلیل این‌که دارای قیمت پایینی بوده بیش از ۹۵ درصد بازار این ماده را به خود اختصاص داده است (٤٨). در حال حاضر فرم مصنوعی آستاگزانتین فقط برای اهداف رنگدهی در تهیه غذای آبزیان مورد استفاده قرار گرفته و استفاده از آن برای مصرف در غذاها یا مکمل‌های انسانی تأیید نشده است (٤٩). در سال‌های اخیر به دلیل نگرانی‌هایی که در مورد ترکیبات مصنوعی وجود داشته، توجه به فرم طبیعی آن نیز افزایش یافته است. آستاگزانتین طبیعی در منابعی هم‌چون میکروجلبک‌ها، میگو، خرچنگ، سالمون، قزل آلا، مخمر و کریل یافت می‌شود. منابع طبیعی عمده آستاگزانتین‌های تجاری موجود، میکروجلبک *Haematococcus pluvialis* و مخمر *Phaffia rhozydima* می‌باشند. غلظت آستاگزانتین در کریل *Euphausia superba*، میگوی *Pandalus borealis*، مخمر *Phaffia rhozydima* و میکروجلبک *Haematococcus pluvialis* به‌ترتیب ۰/۱۲، ۱/۲، ۱۰ و ٤۰ گرم می‌باشد (٤٧). این ترکیب دارای ویژگی‌های ضداکسایشی بسیار زیادی بوده و مطالعات نشان داده است که این ترکیب در جلوگیری از بروز سرطان‌ها، دیابت، بیماری‌های پارکینسون و آلزایمر، بیماری‌های چشمی مانند آب مروارید، بیماری‌های قلبی-عروقی، سکته مغزی و کلسترول بالا مؤثر می‌باشد (جدول ۲) (۵۰). آستاگزانتین به دلیل ساختار خود نسبت به عوامل محیطی حساس بوده و در نتیجه واکنش‌های اکسایش و ایزومریزاسیون، رنگ و ویژگی‌های زیست فعالی و عملکردی خود را از دست می‌دهد (۵۱). بر این اساس لازم است که این ترکیب با استفاده از روش‌های مختلف در برابر عوامل مخرب آن، حفظ گردد تا در نهایت بهره‌مندی حداکثری از مزایای آن حاصل گردد. در آبزی‌پروری آستاگزانتین دارای نقش‌های متعددی در ماهیان مانند نقش در تولید مثل، تکثیر و رشد سلول، تنفس تخم، پیش‌ساز ویتامین A، در بینایی و هم‌چنین منبع تولید رنگ می‌باشد (۵۲). آستاگزانتین در صنایع غذایی می‌تواند در فرمولاسیون محصولاتی مانند نوشیدنی‌ها، محصولات گوشتی، بستنی، درسرها و آب نبات‌ها مورد استفاده قرار گیرد

(۵۳). آستاگزانتین نیز می‌تواند به‌عنوان مکمل غذایی/ داروئی به صورت قرص، کپسول، شربت، روغن، ژل‌های نرم (Soft gel)، پودرهای گرانول و غیره نیز مصرف شود (جدول ۲). این ترکیب در فرمولاسیون محصولات آرایشی-بهداشتی مثل انواع کرم‌ها نیز استفاده می‌شود (٥٤).

بتاکاروتن: بتاکاروتن یکی از مهم‌ترین رنگدانه‌های کاروتنوئیدی بوده که در برخی از گیاهان، باکتری‌ها، قارچ‌ها و میکروجلبک‌ها تولید می‌گردد (۵۵). تولید بتاکاروتن با استفاده از ریزجلبک‌ها نسبت به منابع دیگر به دلیل عواملی هم‌چون گستردگی کشت، امکان کشت در طول سال، نیازهای تغذیه‌ای کم‌تر، کارآیی بهتر محصول و راندمان بیش‌تر، توجه بیش‌تری را به خود جلب کرده است (٥٦). در حال حاضر میکروجلبک دونالیلا سالینا (*Dunaliella salina*) منبع تولید تجاری بتاکاروتن بوده و این میکروجلبک توانایی تجمع بتاکاروتن تا ۱۰ درصد وزن خشک خود را دارا می‌باشد (۵۵). بتاکاروتن هم‌چنین از جلبک آزولا (*Azolla filiculoides*) نیز استخراج شده است. علاوه بر فرم طبیعی، بتاکاروتن به فرم مصنوعی نیز موجود بوده و در حال حاضر حدود ۹۷-۹۸ درصد بازار جهانی را در اختیار دارد. از نظر ساختاری بتاکاروتن از ۸ واحد ایزوپرنوئید تشکیل شده و دارای طیف رنگی زرد تا قرمز می‌باشد (۵۷ و ۵۸). بتاکاروتن در بدن انسان تولید نمی‌گردد بنابراین باید آن را از منابع خارجی دریافت کرد. این ترکیب در دیواره روده کوچک توسط آنزیم داکسیژناز شکسته شده و به دو واحد ویتامین A تبدیل می‌شود. بنابراین این ترکیب از پیش سازهای ویتامین A به حساب می‌آید (۵۹). این ترکیب دارای قدرت ضداکسایشی بوده و هم‌چنین دارای مزایای سلامتی مانند کاهش خطر بیماری‌های قلبی، برخی سرطان‌ها، برخی بیماری‌های چشم و تقویت سیستم ایمنی می‌باشد (٦٠). بتاکاروتن می‌تواند به‌عنوان رنگدانه در فرآورده‌های غذایی مورد استفاده قرار گیرد (جدول ۲). ماهیت آب گریز بتاکاروتن و هم‌چنین پایداری پایین در برابر نور، گرما و اکسیژن، استفاده مستقیم آن در فرآورده‌های غذایی را با محدودیت روبرو می‌کند (۵۹). بنابراین لازم است با به‌کارگیری روش‌هایی مانند درون پوشانی حلالیت آن در فرآورده‌های غذایی، جذب در بدن و پایداری آن در برابر عوامل محیطی را افزایش داد. بتاکاروتن هم‌چنین در فرمولاسیون تهیه مکمل‌های تغذیه‌ای مثل مولتی‌ویتامین‌ها، محصولات آرایشی-بهداشتی و هم‌چنین غذای حیوانات نیز به‌عنوان یک افزودنی مورد استفاده قرار می‌گیرد (٦١).

فیکوبیلی پروتئین: فیکوبیلی پروتئین‌ها دسته‌ای از پروتئین‌های محلول در آب و گیرنده نور بوده که در سیانوباکتری‌ها، رودوفیت‌ها (Rhodophytes)، کریپتومونادها (Cryptomonads) و گلوکوفیت‌ها (Glaucophytes) یافت می‌شوند. این ترکیبات نور را در محدوده ٤٩٥ تا ٦٥٠ نانومتر جذب می‌کنند. فیکوسیانین (Phycocyanin)، فیکواریترین (Phycoerythrin) و آلوفیکوسیانین (Allophycocyanin) سه دسته عمده فیکوبیلی پروتئین‌ها می‌باشند. این ترکیبات در ساختارهایی به نام فیکوبیلی زوم‌ها در سطح غشاء تیلاکوئیدی کلروپلاست قرار دارند (٦٢). فیکوسیانین، فیکواریترین و آلوفیکوسیانین به ترتیب دارای رنگ‌های آبی، قرمز و سبز-آبی هستند. منابع عمده استخراج فیکوسیانین، میکروجلبک‌های Spirulina و Galdieria و سیانوباکتری‌های Anabaena، Synechococcus و Nostoc می‌باشند. فیکواریترین نیز از جلبک‌های قرمز Porphyridium و Porphyra و سیانوباکتر Calothrix استخراج می‌گردد. میکروجلبک Spirulina و سیانوباکتر Microcystis منابع استخراج آلوفیکوسیانین هستند (٦٣). شرایط کشت به‌ویژه نور و مواد مغذی بر میزان محتوی فیکوبیلی پروتئین‌ها تأثیر زیادی دارد. فیکوبیلی

پروتئین‌ها دارای ویژگی‌های زیستی و سلامت بخشی مثل خواص ضداکسایشی، ضدتوموری، ضدالتهابی، ضدویروسی، تنظیم سیستم ایمنی، حفاظت‌کننده عصبی و کبدی می‌باشند (٦٢). این ترکیبات به‌عنوان رنگ‌های طبیعی و غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. فیکوسیانین بیش‌تر در صنعت غذا و محصولاتی هم‌چون بستنی، نوشیدنی‌ها، آب نبات، آدامس و دسرها، اما فیکواریترین عمدتاً در محصولات آرایشی- بهداشتی استفاده می‌شوند. فیکوسیانین هم‌چنین در محصولاتی مثل رژ لب و خط چشم نیز به‌کار می‌رود (٦٤). فیکوبیلی پروتئین‌ها به دلیل وجود خاصیت فلورسنتی به عنوان نشانگرهای فلورسنتی در ساخت پروب‌های فلوروسنتی موردنیاز برای آنالیزهای پزشکی و بیولوژیکی هم‌چون فلوسیتومتری، ایمونوهیتوشیمی و غیره استفاده می‌شوند (جدول ۲). برای این منظور عمدتاً فیکواریترین و آلوفیکوسیانین بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند (٦٣). علاوه بر این‌ها، فیکی بیلی پروتئین‌ها به‌عنوان ترکیبات حساس به نور در درمان فتودینامیک تومورهای سرطانی نیز پیشنهاد شده‌اند (٦٥).

جدول ۲- منابع، ویژگی‌ها و کاربردهای رنگدانه‌های تجاری شده جلبک‌ها در صنایع مختلف.

ردیف	نوع ترکیب	منبع	ویژگی‌های زیستی/ فواید سلامتی	کاربرد در صنایع غذایی	کاربرد در دیگر صنایع
۱	فوکوزانتین	ماکروجلبک‌های قهوه‌ای و برخی ریزجلبک‌ها مثل *Phaedactylum tricornotum* و *Isochrysis affinis galbana*	ضداکسایشی، ضدسرطانی، ضدچاقی، ضدالتهابی، ضددیابتی، anticarcinogenic، antiangiogenic، ضدرگ‌زایی	جزء فعال و عامل رنگ‌کننده در غذاها و نوشیدنی‌های فراسودمند	جزء فعال در مکمل‌های داروئی و محصولات آرایشی-بهداشتی
۲	آستاگزانتین	پوسته میگو و خرچنگ، کریل، ریزجلبک *Haematococcus pluvialis*، مخمر *Phaffia rhozydima*، پوسته سخت پوستان	ضداکسایشی، ضدسرطانی، ضددیابتی و پیشگیری از بیماری‌های پارکینسون و آلزایمر، بیماری‌های چشم نظیر آب مروارید، بیماری‌های قلبی-عروقی، سکته مغزی و کلسترول بالا	جزء فعال در فرمولاسیون محصولاتی نظیر نوشیدنی‌ها، محصولات گوشتی، بستنی، درسرها و آب نبات‌ها	جزء فعال در مکمل‌های غذا/داروئی و محصولات آرایشی-بهداشتی مثل کرم‌ها، کاربرد در تهیه غذای دام، طیور و به‌ویژه آبزیان
۳	بتاکاروتن	برخی گیاهان، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ریزجلبک‌ها بویژه گونه *Dunaliella salina*	ضداکسایشی، کاهش خطر بیماری‌های قلبی، برخی سرطان‌ها، برخی بیماری‌های چشم و تقویت سیستم ایمنی	به‌عنوان رنگدانه در فرآورده‌های غذایی	بعنوان افزودنی در فرمولاسیون مکمل‌های تغذیه‌ای مثل مولتی‌ویتامین‌ها، محصولات آرایشی-بهداشتی و هم‌چنین غذای حیوانات
٤	فیکوبیلی پروتئین	ماکروجلبک‌های قرمز Porphyra، برخی ریزجلبک‌ها مثل Spirulina و Galdieria، برخی سیانوباکتری‌ها مثل Anabaena، Synechococcus، Nostoc، Porphyridium، Calothrix، Microcystis	ضداکسایشی، ضدتوموری، ضدالتهابی، ضدویروسی، تنظیم سیستم ایمنی، حفاظت کننده عصبی و کبدی	به‌عنوان رنگدانه در صنعت غذا و محصولاتی هم‌چون بستنی، نوشیدنی‌ها، آب نبات، آدامس، دسرها	به‌عنوان رنگدانه در محصولات آرایشی-بهداشتی مثل رژ لب و خط چشم، به‌عنوان نشانگرهای فلورسنتی در ساخت پروب‌های فلوروسنتی موردنیاز برای آنالیزهای پزشکی و بیولوژیکی

روغن و اسیدهای چرب غیراشباع: در حال حاضر ماهیان دریایی و روغن ماهی منابع تجاری اصلی PUFAها هستند. اما نگرانی‌هایی در مورد روغن ماهیان بزرگ که در بالای زنجیره‌های غذایی دریایی قرار دارند، وجود دارد چرا که ممکن است فلزات سنگین و ترکیبات محلول در چربی، مانند ترکیبات جیوه آلی و بی‌فنیل‌های پلی کلره در روغن آن‌ها انباشته شده باشد (٦٦). علاوه بر این در سال‌های اخیر تقاضا برای اسیدهای چرب امگا۳ بلند زنجیره از منابع غیرحیوانی برای گیاهخواران، افزایش یافته است. بر این اساس نیاز به جستجوی منابع جایگزین PUFA با کیفیت بالا افزایش یافته است. منابع جایگزین تولید اسیدهای چرب امگا ۳ شامل ماکروجلبک‌ها، میکروجلبک‌ها، کریل، کالاماری (Calamari) یا محصولات اصلاح شده ژنتیکی هستند. ریزجلبک‌ها ممکن است امیدوارکننده‌ترین جایگزین باشند، زیرا آن‌ها تولیدکنندگان اولیه EPA و DHA بوده و هم‌چنین می‌توان آن‌ها را به دو صورت فتواتوتروفیک یا هتروتروفیک پرورش داد (٦٧). به‌طورکلی میزان محتوی چربی و روغن در جلبک‌ها به نسبت ماهیان، کم‌تر می‌باشد اما با این‌حال روغن‌های جلبکی در مقایسه با روغن ماهی مزایای خاصی مانند قوام ترکیب، خواص حسی بهتر و سهولت تولید را نشان می‌دهند. هم‌چنین روغن‌های جلبک فاقد کلسترول و آلاینده‌های بالقوه‌ای هستند که در روغن ماهی یافت می‌شوند. علاوه بر این‌ها برخلاف بوی ماهی که همراه با روغن ماهی است و استفاده از آن را محدود می کند، روغن جلبک‌ها بو ندارد. تولید زیست توده جلبکی آسان‌تر و سازگارتر با محیط‌زیست بوده و عملکرد بالاتری نسبت به تولید روغن ماهی دارد (٦٨). از طرفی ذخایر ماهیان دریایی که منبع اصلی تولید PUFAهای امگا ۳ هستند، در حال کاهش می‌باشد. محتوی چربی کل و ترکیب اسیدچرب روغن جلبک‌ها بسته به نوع گونه، نوع روش استخراج، تغییرات فصل، مکان نمونه‌برداری و شرایط محیطی، متفاوت می‌باشد. میزان و ترکیب اسیدچرب میکروجلبک‌ها می‌تواند تحت‌تأثیر شرایط مختلف رشد مانند گرسنگی نیتروژن، کمبود سیلیکون، محدودیت فسفات، شوری بالا و استرس فلزات سنگین، افزایش یابد (٦٣). گزارش شده است که محتوای چربی در گونه‌های گرمسیری به‌طور قابل‌توجهی کم‌تر از گونه های آب سرد می‌باشد. میزان محتوی اسیدهای چرب کل در ماکروجلبک‌ها حدود ۲۰-۵۰ درصد چربی کل می‌باشد (٦٩). مطالعات نشان داده است که جلبک‌های قهوه‌ای بین ۱۰ تا ۲۰ درصد وزن خشک خود، دارای چربی بوده و در آن‌ها PUFAهای امگا ۳ بیش از ۳۰ درصد کل اسیدهای‌چرب را به خود اختصاص داده است (٦٩ و ٧٠). میزان EPA یا DHA در گونه‌های میکروجلبکی مانند *Skeletonema costatum* و *Chlorella minutissima* می تواند تا ٤٥ درصد از کل اسیدهای چرب آن‌ها باشد (٧١). از آنجائی‌که مشخص شده است که روغن آبزیان و اسیدهای چرب امگا ۳ نقش مهمی در رشد مغز نوزادان، تنظیم عمل سلول‌های بدن، محافظت بدن در مقابل بیماری‌ها، فشارهای عصبی، رشد سلول‌های سرطانی، انبساط رگ‌ها و کاهش فشار خون نقش دارند، از آن‌ها می‌توان در صنایع مختلفی استفاده نمود. روغن جلبک می‌تواند به‌عنوان منبع امگا ۳ در شیر خشک نوزادان و سایر غذاها و هم‌چنین تهیه مکمل‌های ویتامینه و امگا ۳ استفاده شود. علاوه بر این‌ها، روغن جلبک می‌تواند در محصولات آرایشی-بهداشتی و غذای حیوانات مورد استفاده قرار گیرد.

محصولات حاوی جلبک‌ها و مشتقات آن‌ها

محصولات غذایی و مکمل‌های تغذیه‌ای: جلبک‌ها به‌دلیل این‌که غنی از پروتئین، چربی‌ها، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و مواد مغذی ضروری بوده، منبع خوبی برای تغذیه انسان می‌باشند. محصولات غذایی ماکروجلبک‌ها در ابتدا در کشورهای جنوب شرق آسیا تولید و فروخته شدند (۷۲). عمده غذاهای جلبکی از ماکروجلبک‌های برداشت شده از محیط‌های طبیعی یا پرورشی تولید می‌شوند. اندونزی، فلیپین، مالزی و چین بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده ماکروجلبک‌ها در جهان هستند. بیومس جلبکی اغلب با استفاده از آفتاب، آون و یا خشک کن پاششی (Spray dryer) خشک شده و به‌صورت ورقه، پودر، قرص، کپسول و یا غنی شده در سایر غذاها به فروش می‌رشند (۷۳). تعداد زیادی از ماکروجلبک‌ها به‌عنوان غذا مصرف می‌شوند اما Nori، Wakame و Kombu عمده بازار جهانی را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). Nori از برگ ماکروجلبک قرمز Porphyra تهیه شده و در حال حاضر عمده‌ترین فرآورده جلبکی در بازار جهانی می‌باشد. استفاده اصلی از این گونه، به‌عنوان جزئی از سوشی است (۷٤). Wakame از جلبک قهوه‌ای *Undaria pinnatifida* به‌دست می‌آید. این گونه به شکل‌های مختلفی به فروش می‌رسد که محبوب‌ترین آن‌ها، آب‌پز و نمک سوده شده هستند. این گونه نیز به عنوان جزئی از نودل‌ها، سوپ‌ها و سالادها استفاده می‌شود. Kombu از جلبک‌های قهوه‌ای به‌ویژه گونه *Laminaria japonica* تهیه می‌گردد. این جلبک با گوشت، ماهی، در سوپ‌ها و یا به‌عنوان سبزیجات مصرف می‌شود (۷۲). ماکروجلبک‌های دیگری که برای مصرف انسانی استفاده می‌شوند عبارتند از *Rhodymenia* sp.، *Palmaria palmate*، *Nostoc flagelliform*، *Nostoc commune* و *Nostoc ellipsosporum* (٦۳). میکروجلبک‌ها نیز به دلیل ویژگی‌های تغذیه‌ای مناسب خود نیز یکی از گزینه‌های امیدوارکننده برای مصرف انسانی به شمار می‌روند ولی در حال حاضر به دلیل هزینه بالای تولید، طعم، بو و رنگ نامطلوب پودر میکروجلبک‌ها، استفاده از آن‌ها محدود شده است. مکمل‌های تغذیه‌ای عمده فرآورده‌های تجاری میکروجلبک‌ها هستند. از بین میکروجلبک‌ها، اسپیرولینا و کلرولا عمده بازار را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). این گونه‌ها به صورت پودر یا عصاره به‌عنوان ترکیبات غذا/دارو و غذاهای فراسودمند به فروش می‌رسند. آن‌ها نیز می‌توانند به صورت مکمل تغذیه‌ای یا این‌که در ترکیب با سایر محصولات مصرف شوند (٦۳ و ۷۵).

جدول ۳- محصولات غذایی و مکمل‌های تغذیه‌ای تجاری شده جلبک‌ها.

ردیف	محصول غذایی	منبع	کاربرد در صنایع غذایی
۱	Nori	ماکرو جلبک قرمز Porphyra	استفاده به‌عنوان جزئی از سوشی
۲	Wakame	ماکروجلبک قهوه‌ای به‌ویژه گونه *Undaria pinnatifida*	استفاده بعنوان جزئی از نودل‌ها، سوپ‌ها و سالادها
۳	Kombu	ماکروجلبک‌های قهوه‌ای به‌ویژه گونه *Laminaria japonica*	استفاده به‌عنوان سبزیجات یا مصرف همراه با گوشت، ماهی و سوپ‌ها
٤	سایر گونه‌های ماکروجلبکی	*Palmaria palmate* *Rhodymenia* sp. *Nostoc commune Nostoc flagelliform* *Nostoc ellipsosporum*	استفاده به‌عنوان سبزیجات یا مصرف همراه با گوشت، ماهی و سوپ‌ها
٥	مکمل‌های تغذیه‌ای	ریزجلبک‌های اسپیرولینا و کلرولا	استفاده به‌عنوان مکمل تغذیه‌ای یا استفاده در فرمولاسیون سایر محصولات غذایی

محصولات آرایشی-بهداشتی: همان‌گونه که در بالا عنوان گردید جلبک‌ها دارای ترکیبات متعددی می‌باشند. عصاره و ترکیبات استخراج شده از جلبک‌ها با ویژگی‌هایی مثل خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد، جذب اشعه‌های ماوراءبنفش، تقویت سنتز کلاژن و الاستین، جلوگیری از تشکیل چین و چروک، جلوگیری از تشکیل لکه‌های پوستی، مهار فرآیندهای التهابی، جلوگیری از فرآیندهای سنتز ملانین، رفع انقباض رگ‌ها، کاهش انسداد مجراهای پوستی و مهار فعالیت آنزیم‌های ماتریکس متالوپروتئیناز و هیالورینیداز باعث حفاظت از پوست انسان می‌شوند (۷٦). این ترکیبات هم‌چنین با تعدیل رشد مو و فولیکول‌های مو، ملانوژنز مو و پوست سر، بهبود و تحریک کراتینوسیت، تکثیر ملانسیتی، نرم‌کنندگی و انعطاف‌پذیری پوست و موی انسان باعث پیشگیری از ریزش مو می‌شوند (۷۷). با توجه به این ویژگی‌ها تاکنون محصولات آرایشی-بهداشتی متعددی حاوی عصاره یا ترکیبات جلبکی در بازارهای جهانی تولید و عرضه شده‌اند. از بین ترکیبات استخراج شده از جلبک‌ها، پلی‌ساکاریدها (به‌ویژه آلژینات و کاراگینان)، رنگدانه‌ها (به‌ویژه فوکوزانتین و آستاگزانتین)، اسیدهای چرب و ترکیبات فنولی نسبت به دیگر ترکیبات، بیش‌تر در فرمولاسون محصولات آرایشی-بهداشتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۷۸). در بین میکروجلبک‌ها، ریزجلبک‌های *Chlorella* بیش‌ترین استفاده را در تهیه محصولات آرایشی-بهداشتی دارا می‌باشد اما گونه‌های دیگری هم‌چون Spirulina، Dunaliella، Anacystis، Halymenia و Nannochloropsis نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۷۹). از بین جلبک‌های قهوه‌ای گونه‌های *Isochrysis* spp.، *Postelsiapa maeformis* و *Laminaria digilata* بیش‌تر در فرمولاسیون فرآورده‌های آرایشی-بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند (جدول ٤) (۸۰). کرم‌های ضدپیری، محصولات ضد UV، کرم‌های لایه بردار پوست، شامپو، نرم‌کننده‌ها، اسکراب، صابون و ماسک بیش‌ترین محصولات آرایشی-بهداشتی حاوی جلبک‌ها، عصاره و ترکیبات استخراج شده از جلبک‌ها می‌باشند. شرکت‌های برجسته‌ای که در حال حاضر محصولات آرایشی-بهداشتی حاوی ترکیبات

جلبکی تولید می‌کنند عبارتند از Heliae، Solazyme، Indeed Laboratories، Biotherm و Algal Scientific (۶۳).

صنعت آبزی‌پروری: در حال حاضر تولید غذای آبزیان متکی بر آرد و روغن ماهی می‌باشد. اما با توجه به محدود بودن منابع دریایی آبزیان ریز جثه، تهیه آرد ماهی برای مصارف غیرانسانی در آینده با محدودیت‌هایی روبرو می‌باشد. هم‌چنین با توسعه روش‌ها و فناوری‌های جدید، تمایل برای استفاده از آبزیان ریز جثه برای مصرف انسانی رو به افزایش می‌باشد. بر این اساس در حال حاضر صنعت آبزی‌پروری به دنبال یافتن منابع جایگزین آرد ماهی می‌باشد. یکی از امیدوارکننده‌ترین منابع جایگزین، جلبک‌ها می‌باشند. پژوهش‌های انجام شده بیانگر این است که استفاده از جلبک‌ها در تغذیه آبزیان باعث بهبود عملکرد سیستم ایمنی، متابولیسم چربی، فعالیت ضدباکتریایی و ضدویروسی، بهبود عملکرد روده، مقاومت در برابر استرس، تامین نیازهای تغذیه‌ای، افزایش رشد و رنگ‌پذیری آن‌ها شده است (۸۱). در حال حاضر استفاده از میکروجلبک‌ها در کارگاه‌های تکثیر و پرورش آبزیان فعالیت معمول بوده و این جلبک‌ها در تغذیه ابتدایی لاروهای بسیاری از آبزیان نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند. به‌طورکلی یک بخش مجزا در کارگاه‌های تکثیر و پرورش آبزیان برای تهیه میکروجلبک‌ها وجود دارد. میکروجلبک‌های تهیه شده به صورت غذای زنده به تانک‌ها یا استخرهای پرورشی لاروهای آبزیان، روتیفر و آرتمیا اضافه شده و مصرف می‌شوند. علاوه بر این، برخی گونه‌های میکروجلبک‌ها به صورت کنسانتره جلبکی و هم‌چنین به‌عنوان مکمل غذایی در فرمولاسیون غذاهای فرموله شده نیز استفاده می‌شوند. در حال حاضر بیش از ۴۰ گونه میکروجلبک در صنعت آبزی‌پروری و تغذیه لاروها مورد استفاده قرار می‌گیرد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از *Tetraselmis suecica*، *Tetraselmis chui*، *Nannochloropsis oculata*، *Chaetoceros calcitrans*، *Chaetoceros gracilis*، *Skeletonema costatum*، *Thalassiosira pseudonana*، *Cryptheco*dinium *cohnii*، *Pavlova lutheri*، *Schizochytrium* sp.، *Ulkenia* sp.، *Isochrysis* sp.، *Amphora* sp.، *Navicula* sp. و *Nitzschia* sp. (جدول ٤). در این بین، میکروجلبک‌های *Arthrospira platensis*، *Haematococcus pluvialis*، *Dunaliella* sp. و *Chlorella* sp. در فرمولاسیون غذاهای فرموله شده آبزیان نیز استفاده می‌شوند (۸۲). میکروجلبک‌ها علاوه بر استفاده به‌عنوان غذا، می‌توانند باعث افزایش کیفیت آب تانک‌ها و استخرهای پرورشی شده که این در نهایت باعث افزایش زنده‌مانی لاروها می‌گردد (۷۸). ماکروجلبک‌ها اگرچه منبع تغذیه مهمی برای برخی بی‌مهرگان پرورشی هستند اما در مقایسه با ریزجلبک‌ها، کم‌تر در آبزی پروری مورد استفاده قرار می‌گیرند. ماکرجلبک‌ها در تغذیه آبزیان می‌توانند به‌صورت کامل به عنوان علوفه یا در فرمولاسیون غذای آبزیان (به‌عنوان مکمل، همبند و یا اجزاء رنگ‌دهنده) استفاده شوند (۸۳). مهم‌ترین ماکروجلبک‌هایی که به عنوان علوفه در تغذیه آبزیانی هم‌چون *Haliotis midae* استفاده می‌شوند عبارتند از *Ecklonia maxima*، *Ulva lactuca* و *Gracilaria gracilis* (۸٤).

غذای دام، طیور و حیوانات خانگی: استفاده از جلبک‌ها در تغذیه دام، طیور و حیوانات خانگی نیز مورد توجه می‌باشد. اما با توجه به محدود بودن منابع جلبکی و بالا بودن میزان خوراک مورد نیاز برای تغذیه حیوانات بزرگ‌تر، جلبک‌ها در حال حاضر به عنوان یک منبع تغذیه ضروری در تغذیه حیوانات بزرگ‌تر در نظر گرفته نمی‌شوند و تنها به عنوان تقویت‌کننده یا مکمل در فرمولاسیون خوراک مورد

استفاده قرار می‌گیرند (۸۲). ماکروجلبک‌ها در مناطق مختلفی از جهان به عنوان خوراک اسب‌ها و طیور تا ۱۰ درصد در خوراک حیوانات به‌عنوان جایگزین سویا و پروتئین‌های حیوانی استفاده می‌شوند (۸۳). میکروجلبک‌های Spirulina، *Chlorella* و Scenedesmus تاکنون در جیره غذایی حیواناتی مثل خوک، گاو، طیور، گربه، سگ، اسب و پرندگان زینتی مورد استفاده قرار گرفته و اثرات مثبتی بر سیستم ایمنی، باروری و بهبود رنگ و ظاهر حیوانات داشته است (جدول ٤) (٦٣).

کودهای کشاورزی: استفاده بی‌وقفه از کودهای شیمیایی بر گیاهان، کیفیت، حاصلخیزی، ساختار و هوموس خاک و هم‌چنین میکروارگانیسم های مفید موجود در خاک تأثیر نامطلوبی دارد. کودهای شیمیایی از مقادیر زیادی سدیم و پتاسیم تشکیل شده‌اند که با کاهش حاصلخیزی خاک و عدم تعادل pH باعث کاهش کیفیت خاک می‌شود (۸۵). کودهای نیتروژن‌دار از مواد سرطان‌زا مانند نیتروزامین تشکیل شده است که بر سلامت انسان تأثیر می‌گذارد. در این خصوص، اجزای سمی موجود در کودهای شیمیایی، در گیاهان و سبزیجات انباشته شده و منجر به تجمع زیستی در زنجیره غذایی می‌شود. مصرف گیاهان و سبزیجات حاوی مواد شیمیایی بیش‌تر از حد تحمل، در نهایت باعث اختلال کلیه و ریه، بیماری‌های خونی، خونریزی مغزی و حتی سرطان می‌شود (۸٦). علاوه بر این موارد، هزینه تولید کوهای شیمیایی نیز بالا می‌باشد. بر این اساس کشاورزی مدرن به دنبال امکان کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی بدون تأثیر بر میزان محصول یا درآمد کشاورز می‌باشد (۸۷). در سال‌های اخیر، استفاده از جلبک‌های دریایی به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی مورد توجه قرار گرفته است. به طورکلی استفاده از ماکروجلبک‌های دریایی به عنوان کود در گیاهان زراعی دارای قدمت طولانی در مناطق ساحلی در سراسر جهان است. استفاده از ماکروجلبک‌های دریایی به عنوان کود در کشاورزی یک روش بسیار قدیمی و رایج در میان رومیان بوده و هم‌چنین در بریتانیا، فرانسه، اسپانیا، ژاپن و چین نیز استفاده می‌شده است. ماکروجلبک‌ها می‌توانند به شکل کامل، پودر شده یا مایع بعنوان کود در کشاورزی و باغبانی استفاده شوند (۸۸). عصاره ماکروجلبک‌های دریایی حاوی هورمون‌های رشد گیاهی، تنظیم‌کننده‌ها، محرک‌های رشد، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه، آنتی‌بیوتیک‌ها و ویتامین‌ها بوده که در نتیجه استفاده از آن‌ها باعث افزایش جوانه‌زنی بذر، رشد نهال گیاه، عملکرد و کیفیت محصولات و هم‌چنین مقاومت در برابر تنش‌های محیطی (مثل سرمازدگی)، حملات قارچی و حشرات می‌شود (۸۹). کارکرد ماکروجلبک‌های دریایی به عنوان کود نه تنها به دلیل محتوای نیتروژن، فسفر و پتاس آن‌ها بوده، بلکه به دلیل وجود عناصر کمیاب و متابولیت‌های موجود در آن‌ها نیز می‌باشد (۹۰). علاوه بر ماکروجلبک‌ها، میکروجلبک‌ها نیز می‌توانند برای تهیه کودهای کشاورزی استفاده شوند (جدول ٤). علاوه بر پودر و عصاره آن‌ها، برخی از میکروجلبک‌های تثبیت‌کننده نیتروژن قادر به جذب و تبدیل نیتروژن از جو به شکل قابل دسترس برای گیاهان عالی هستند (٧٤). چندین گونه از جلبک‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مثل Anaebena، Nostoc، Aulosira، Tolypothrix و Scytonema به‌طور منظم در کشت برنج در چین، هند و آسیا استفاده می‌شود (٦٣). با توجه به موارد عنوان شده، کودهای تهیه شده از جلبک‌ها می‌توانند برای جایگزینی کودهای شیمیایی تجاری و کاهش هزینه‌های تولید، استفاده شوند. در حال حاضر کودهای جلبکی مختلفی با نام‌های تجاری مختلف و به شکل‌های مختلف تولید شده و در بازارهای جهانی عرضه شده‌اند.

جدول ٤- سایر محصولات حاوی جلبک‌ها و مشتقات آن‌ها.

ردیف	محصول	گونه جلبکی	عملکرد
۱	محصولات آرایشی-بهداشتی	ماکروجلبک‌های *Isochrysis* spp.، *Postelsiapa maeformis* و *Laminaria digilata* ریزجلبک‌های Chlorella، Spirulina، Dunaliella، Anacystis، Halymenia و Nannochloropsis	خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد، جذب اشعه‌های ماوراءبنفش، تقویت سنتز کلاژن و الاستین، جلوگیری از تشکیل چین و چروک، جلوگیری از تشکیل لکه‌های پوستی، مهار فرآیندهای التهابی، جلوگیری از فرآیندهای سنتز ملانین، رفع انقباض عروق‌ها، کاهش انسداد مجراهای پوستی و حفاظت از پوست
۲	صنعت آبزی‌پروری	ماکروجلبک‌های *Ecklonia maxima*، *Ulva lactuca* و *Gracilaria gracilis* ریزجلبک‌های *Arthrospira platensis* *Dunaliella sp Haematococcus pluvialis* *Chlorella* sp *Tetraselmis chui Tetraselmis suecica* *Chaetoceros calcitrans Nannochloropsis oculata* *Skeletonema costatum* *Thalassiosira pseudonana* *Crypthecodinium cohnii* *Pavlova lutheri* *Schizochytrium* sp. *Amphora* sp. *Isochrysis* sp. *Ulkenia* sp. *Navicula* sp. *Nitzschia* sp.	استفاده به‌عنوان غذا، عامل افزایش کیفیت آب تانک‌ها و استخرهای پرورشی و افزایش زنده‌مانی لاروها
۳	غذای دام و طیور	Spirulina، Chlorella و Scenedesmus	تقویت کننده یا مکمل در فرمولاسیون خوراک
٤	کودهای کشاورزی	ماکروجلبک‌ها و ریزجلبک‌ها	افزایش جوانه‌زنی بذر، رشد نهال گیاه، عملکرد و کیفیت محصولات و هم‌چنین مقاومت در برابر تنش‌های محیطی (مثل سرمازدگی)، حملات قارچی و حشرات

انواع محصولات تولید شده از/با جلبک‌ها در ایران:
کشور ما دارای خطوط ساحلی طولانی در جنوب و شمال و هم‌چنین تعداد زیادی گونه‌های ماکروجلبک می‌باشد. برخی از این گونه‌های ماکروجلبکی پتانسیل کشت و پرورش به صورت انبوه را دارا می‌باشند. هم‌چنین در کشور ما زیرساخت‌های تولید و پرورش میکروجلبک‌ها (به‌ویژه برای اسپیرولینا) موجود می‌باشد. از این‌رو پتانسیل بالایی جهت استفاده از این منابع در کشور وجود دارد اما متاسفانه تاکنون فعالیت‌های جلبکی در کشور وارد مرحله تولید انبوه، تجارت و صادرات نشده و بیش‌تر در قالب تولید تحقیقاتی و آزمایشگاهی انجام می‌شوند. این در حالی است که تقاضای بازار برای محصولات فرآوری شده جلبک‌ها در کشور بسیار زیاد بوده و آمارهای گمرک نشان می‌دهد که سالانه ده‌ها تن جلبک فرآوری شده و محصولات آن‌ها در کشور به مصرف می‌رسد که این میزان عمدتاً از طریق واردات تامین می‌شود. محصولاتی که تاکنون در کشور از جلبک‌ها تواید شده‌اند عبارتند از استخراج پلی ساکارید فوکوئیدان از ماکروجلبک‌های قهوه‌ای (۳۵، ۳۷، ۳۹، ٤۰، ۹۱، ۹۲ و ۹۳)، پلی‌ساکارید آگار از ماکروجلبک‌های قرمز (۲۰ و ۹٤)، پلی‌ساکارید آلژینات از ماکروجلبک‌های قهوه‌ای (۱۱، ۹۱ ، ۹۵ و ۹٦)، پلی ساکارید کاراگینان از ماکروجلبک‌های قرمز (۹۷)، پلی‌ساکارید الوان از

ماکروجلبک‌های سبز (۹۸)، رنگدانه فوکوزانتین از ماکروجلبک‌های قهوه‌ای (۹۹)، رنگدانه بتاکاروتن از میکروجلبک دونیلا سالینا (۱۰۰)، آزولا (۵۸) و برخی ماکروجلبک‌ها (۱۰۱)، رنگدانه آستاگزانتین از میکروجلبک *Haematococcus pluvialis*، رنگدانه فیکوسیانین از جلبک اسپیرولینا (۱۰۲)، استرول‌ها از برخی ماکروجلبک‌های قرمز و قهوه‌ای (۱۰۳ و ۱۰٤) و استروئیدها از برخی ماکروجلبک‌های قهوه‌ای (۱۰۵). پودر و عصاره برخی جلبک‌ها در فرمولاسیون محصولات غذایی هم‌چون نان (۱۰٦)، ویفر روکشدار (۱۰۷)، بستنی (۱۰۸)، ناگت ماهی (۱۰۹ و ۱۱۰)، ژله (٤۲ و ۱۱۱)، ماکارونی (۱۱۲)، پاستا (۱۱۳) و کلوچه (۱۱٤) نیز استفاده شده است. علاوه بر این‌ها جلبک‌ها و ترکیبات مشتق شده از آن‌ها نیز برای تولید کرم و ژل مرطوب‌کننده (۱۱۵)، بیواتانول (۱۱٦)، کودهای کشاورزی (۱۱۷) و هم‌چنین تغذیه دام (۱۱۸)، طیور (۱۱۹) و آبزیان (۱۲۰) نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همان‌گونه که در بالا عنوان شد همه این محصولات در مقیاس آزمایشگاهی و تحقیقاتی تولید شده‌اند. بنابراین با توجه به نیاز کشور به محصولات حاصل از جلبک‌ها، وجود دانش فنی تولید محصولات مختلف از جلبک‌ها و پتانسیل ایجاد اشتغال، فراهم نمودن بستر فعالیت‌های تولید و فرآوری جلبک‌ها در کشور امری ضروری و مهم به نظر می‌رسد.

جمع‌بندی

جلبک‌ها دارای ترکیبات متعدد با ویژگی‌های زیست‌فعالی و عملکردی مختلفی بوده و این ترکیبات تاکنون در صنایع مختلفی استفاده شده‌اند. کاربرد جلبک‌ها و ترکیبات استخراج شده از آن‌ها تاکنون بیش‌تر در حوزه‌های تهیه خوراک حیوانات، فرآورده‌های مختلف غذایی و غذا/داروها بوده است. در حال حاضر استفاده از جلبک‌ها و ترکیبات مشتق شده از آن‌ها در محصولات آرایشی-بهداشتی رو به افزایش می‌باشد. هم‌چنین پژوهش در مورد استخراج ترکیبات دارویی به‌ویژه ترکیبات ضدسرطان از جلبک‌ها و استفاده از آن‌ها در فرمولاسیون داروهای مختلف نیز مورد توجه بسیاری از پژوهش‌گران بوده و بر این اساس در آینده تولید فرآورده‌های مختلف دارویی از این منابع بسیار محتمل خواهد بود. هم‌چنین مطالعات بسیار وسیعی جهت تولید سوخت‌های زیستی از ریزجلبک‌ها در حال انجام می‌باشد.

منابع

1. Aneiros, A., and Garateix, A. 2004. Bioactive peptides from marine sources: pharmacological properties and isolation procedures. J. Chromatogr. B. 803: 41-53.
2. Guiry, M.D. 2012. How many species of algae are there?. J. Phycol. 48: 1057-1063.
3. Athukorala, Y., Kim, K.N., and Jeon, Y.J. 2006. Antiproliferative and antioxidant properties of an enzymatic hydrolysate from brown alga, *Ecklonia cava*. Food Chem. Toxicol. 44: 1065-1074.
4. Kuda, T., Taniguchi, E., Nishizawa, M., and Araki, Y. 2002. Fate of Water-Soluble Polysaccharides in Dried chordafilum a Brown Alga during Water Washing. J. Food Compos. Anal. 15: 1. 3-9.
5. Morris, E.R. 1977. Order-disorder transition for a bacterial polysaccharide in solution. A role for polysaccharide conformation in recognition between Xanthomonas pathogen and its plant host. J. Mol. Biol. 110: 1. 1-16.
6. Venkatesan, J., Bhatnagar, I., Manivasagan, P., Kang, H., and Rim, S.K. 2015. Alginate composites for bone tissue engineering: A review. Int. J. Biol. Macromol. 72: 269-281.

7.Mazumder, A., Holdt, S.L., Francisci, D.D., Morales, M.A., Mishra, H.N., and Angelidaki, I. 2016. Extraction of alginate from Sargassum muticum: process optimization and study of its functional activities. J. Appl. Phycol. 28: 3625-3634.
8.Fawzy, M.A., Gomaa, M., Hifney, A.F., and Abdel-Gawad, K.M. 2017. Optimization of alginate alkaline extraction technology from *Sargassum latifolium* and its potential antioxidant and emulsifying properties. Carbohydr. Polym. 157: 1903-1912.
9.Torres, M.R., Sousa, A.P.A., Filho, E.A.T.S., Melo, D.F., Feitosa, J.P.A., Regina, C.M., de Paula, R.C.M., and Lima, M.G.S. 2007. Extraction and physicochemical characterization of *Sargassum vulgare* alginatefrom Brazil. Carbohydr. Res. 342: 2067-2074.
10.Larsen, B., Salem, D.M.S.A., Sallam, M.A.E., Mishrikey, M.M., and Beltagy, A. 2003. Characterization of the alginates from algae harvested at the Egyptian Red Sea coast. Carbohydr. Res. 338: 22. 2325-36.
11.Jeddi, S., Rezaei, M., and Alboofetileh, M. 2021. Extraction, Antioxidant and Emulsifying Properties of Alginate from Brown Seaweed *Sargassum ilicifolium*. Iran. J. Fish. Sci. 29: 6. 167-178. (In Persian)
12.Lee, K.Y., and Mooney, D.J. 2012. Alginate: Properties and biomedical applications. Prog. Polym. Sci. 37: 106-126.
13.Meenakshi, S., Parvathi, U.S., Arumugam, M., and Balasubramaniang, T. 2011. In vitro antioxidant properties and FTIR analysis of Two Seaweeds of Gulf of Mannar. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 1: 1. S66-S70.
14.Hifney, A.F., Fawzy, M.A., Abdel-Gawad, K.M., and Gomaa, M. 2016. Industrial optimization of fucoidan extraction from *Sargassum* sp. and its potential antioxidant and emulsifying activities. Food Hydrocoll. 54: 77-88.
15.Chang, Y., and McClements, D.J. 2015. Interfacial deposition of an anionic polysaccharide (fucoidan) on protein-coated lipid droplets: Impact on the stability of fish oil-in-water emulsions. Food Hydrocoll. 51: 252-260.
16.Cho, S.S., and Dreher, M.L. 2001. eds.: Handbook of Dietary Fiber. Marcel Dekker. New York. USA.
17.Parreidt, T.S., Müller, K., and Schmid, M. 2018. Review: Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. Foods. 7: 170. 1-38.
18.McHugh, D.J. 1987. Production, Properties and Uses of Alginates. In Production and Utilization of Products from Commercial Seaweeds; McHugh, D. J., Ed.; FAO Fish. Tech. Pap. 288: 58-115.
19.Pereira-Pacheco, F., Robledo, D., Rodríguez-Carvajal, L., and Pelegrín, F. 2007. Optimization of native agar extraction from *Hydropuntia cornea* from Yucatan, Mexico. Bioresour. Technol. 98: 1278-1284.
20.Entesarian, M.R., Rezaei, M., Motamedzadegan, A., and Daryaei, A.R. 2016. Study the effect of extraction conditions on textural properties of agar extracted from cultural alga (*Gracilariopsis persica*) using RSM. JFST. 50: 13. 103-113. (In Persian)
21.Armisen, R., Galatas, F., and Hispanagar, S.A., 2009. Agar. In: Phillips, G.O., Williams, P.A. (2^{th} edn). A Handbook of hydrocolloids. Cambridge. UK. pp. 82-107.
22.Rudolph, B. 2000. Seaweed Products: Red Algae of Economic Significance. In: Martin, R.E., Carter, E.P., Flick, J.r.G.J., Davis, L.M., (Ed.). Marine and Freshwater Products Handbook. pp. 515-531. A John Wiley & Sons.
23.Marinho-Soriano, E., and Bourret, E. 2003. Effects of season on the yield and quality of agar from Gracilaria species (Gracilariaceae, Rhodophyta). Bioresour. Technol. 90: 329-333.
24.Gamal, A.A.E. 2012. Introduction to algae and their importance. In: Kim, Se.K. (Ed.). Handbook of Marine Macro algae: Biotechnology and Applied Phycology. pp. 4-35. A John Wiley & Sons.
25.Arvizu-Higuera, D.L., Rodríguez-Montesinos, Y.E., Murillo-Álvarez, J.I., Murillo-Álvarez, J., Muñoz-Ochoa, M.,

and Hernández-Carmona, G. 2008. Effect of alkali treatment time and extraction time on agar from *Gracilaria vermiculophylla*. J. Appl. Phycol. 20: 515-519.
26. Venugopal, V. 2009. Marine Products for Healthcare: Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds from the Ocean. New Delhi: India. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
27. Haijin, M., Xiaolu, J., and Huashi, G. 2005. Biological activities of a neutral water-soluble agar polysaccharide prepared by agarase degradation. Ocean University of China Qingdao 266003 P. R. China.
28. Villanueva, R.D., Sousa, A.M.M., Gonçalves, M.P., Nilsson, M., and Hilliou, L. 2010. Production and properties of agar from the invasive marine alga, *Gracilaria vermiculophylla* (Gracilariales, Rhodophyta). J. Appl. Phycol. 22: 211-220.
29. Kumar, V., and Fotedar, R. 2009. Agar extraction process for *Gracilaria cliftonii* (Withell, Millar, & Kraft, 1994). Carbohydrate Polymers, 78: 813-819.
30. Necas, J., and Bartosikova, L. 2013. Carrageenan: a review. Vet Med. 58: 4. 187-205.
31. Meliani, A.M., Esmkhani, M., and Javanshir, S. 2021. A review on structure, extraction methods and application of Carragenan films and hydrogels. Green Chem. Sus. Techn. J. 2: 2. 41-62. (In Persian)
32. Sedayu, B.B., Cran, M.J., and Bigger, S.W. 2019. A review of property enhancement techniques for carrageenan-based films and coatings. Carbohydr. Polym. 216: 287-302.
33. Dong, Y., Wei, Z., and Xue, C. 2021. Recent advances in carrageenan-based delivery systems for bioactive ingredients: A review. Trends Food Sci. Technol. 112: 348-361.
34. Vo, T.S., and Kim, S.K. 2013. Fucoidans as a natural bioactive ingredient for functional foods. J. Funct. Foods. 5: 1. 16-27.
35. Alboofetileh, M., Rezaei, M., Tabarsa, M., and You, S. 2019a. Ultrasound-assisted extraction of sulfated polysaccharide from *Nizamuddinia zanardinii*: Process optimization, structural characterization, and biological properties. J. Food Process Eng. 42: 2. e12979.
36. Morya, V.K., Kim, J., and Kim, E.K. 2012. Algal fucoidan: structural and size-dependent bioactivities and their perspectives. Appl. Microbiol. Biotechnol. 93: 71-82.
37. Alboofetileh, M., Rezaei, M., and Tabarsa, M. 2019b. Enzyme-assisted extraction of *Nizamuddinia zanardinii* for the recovery of sulfated polysaccharides with anticancer and immune-enhancing activities. J. Appl. Phycol. 31: 1391-1402.
38. Bilan, M.I., Grachev, A.A., Shashkov, A.S., Kelly, M., Sanderson, C.J., Nifantiev, N.E., and Usov, A.I. 2010. Further studies on the composition and structure of a fucoidan preparation from the brown alga Saccharina latissima. Carbohydr. Res. 345: 2038-2047.
39. Alboofetileh, M., Rezaei, M., Tabarsa, M., You, S., Mariatti, F., and Cravotto, G. 2019c. Subcritical water extraction as an efficient technique to isolate biologically-active fucoidans from *Nizamuddinia zanardinii*. Int. J. Biol. Macromol. 128: 244-253.
40. Alboofetileh, M., Rezaei, M., Tabarsa, M., and You, S. 2019d. Bioactivities of *Nizamuddinia zanardinii* sulfated polysaccharides extracted by enzyme, ultrasound and enzyme-ultrasound methods. Food Sci. Technol. 56: 3. 1212-1220.
41. Kanazawa, K., Ozaki, y., Hashimoto, T., Das, S.K., Matsushita, S., Hirano, M., Okada, T., Komoto, A., Mori, N., and Nakatsuka, M. 2008. Commercial-scale Preparation of Biofunctional Fucoxanthin from Waste Parts of Brown Sea Algae *Laminalia japonica*. Food Sci. Technol. Res. 14: 6. 573-582.
42. Mohammadi, M., Mohebi, GH., Bolurian, M., Barmak, A., and Ehsandoust, E. 2020. Identification of bioactive compounds of *Cystoseria*.sp brown algae extract and evaluation of physicochemical and sensory properties

of edible jelly enriched with it. Food Tech. Nutr. 17: 1. 25-38. (In Persian)
43. Shang, Y.F., Kim, S.M., Lee, W.J., and Um, B.H. 2011. Pressurized liquid method for fucoxanthin extraction from *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell. J. Biosci. Bioeng. 111: 2. 237-241.
44. Zarei, S., and Hosseinian, H. 2019. Anti-obesity Effects of Fucoxanthin, a Major Marine Carotenoid Isolated from Edible Brown Seaweeds- A Narrative Review. J. Mar. Med. 1: 3. 129-140. (In Persian)
45. Kim, S.M., Jung, Y.J., Kwon, O.N., Cha, K.H., Um, B.H., Chung, D., and Pan, C.H. 2012. A Potential Commercial Source of Fucoxanthin Extracted from the Microalga *Phaeodactylum tricornutum*. Appl. Biochem. Biotechnol. 166: 1843-1855.
46. Quan, J., Kim, S.M., Pan, C.H., and Chung, D. 2013. Characterization of fucoxanthin-loaded microspheres composed of cetyl palmitatebased solid lipid core and fish gelatin–gum arabic coacervate shell. Food Res. Int. 50: 31-37.
47. Higuera-Ciapara, I., Felix-valenzuela, L., and Goycoolea, F.M. 2006. Astaxanthin: A Review of its Chemistry and Applications. Crit Rev Food Sci Nutr. 46: 185-196.
48. Sharayei, P., Azarpazhooh, E., Zomorodi, S., and Einafshar, S. 2021. Optimization of microencapsulation and stability evaluation of astaxanthin-rich shrimp shell extract. Innov. Food Technol. 8: 4. 469-484. (In Persian)
49. Pérez-López, P., González-García, S., Jeffryes, C., Agathos, S.N., McHugh, E., Walsh, D., and Moreira, M.T. 201. Life cycle assessment of the production of the red antioxidant carotenoid astaxanthin by microalgae: from lab to pilot scale. J. Clean. Prod. 64: 332-344.
50. Yoon, S.O., and Hee-Sook, J. 2014. Role of bioactive food components in diabetes prevention: effects on beta-cell function and preservation. Nutr. Metab. Insights. 7: 51-59.
51. Mendes-Pinto, M., Raposo, M., Bowen, J., Young, A.J., and Morais, R. 2001. Evaluation of different cell disruption process on encysted cells of *Haematococcus pluvialis*: effects on astaxanthin recovery and implications for bioavailability. J. Appl. Phycol. 13: 19-24.
52. Alizadeh, M., Khanjani, M.H., Ansari, R., and Rafieepour, A. 2017. Evaluation of egg vitamins A and E content in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) broodstock affected by different levels of synthetic and natural (*Heamatococcus pluvialis*) astaxanthin. Iran. J. Fish. Sci. 25: 3. 27-40. (In Persian)
53. Delgado-Vargas, F., and Paredes-Lopez, O. 2003. Natural colorants for food and nutraceutical uses. Boca Raton, FL: CRC Press.
54. Ambati, R.R., Phang, S.M., Ravi, S., and Aswathanarayana, G.R. 2014. Astaxanthin: Sources, Extraction, Stability, Biological Activities and Its Commercial Applications-A Review. Mar. Drugs. 12: 128-152.
55. Marino, T., Casela, P., Sangiorgio, P., Verardi, A., Ferraro, A., Hristoforou, E., Molino, A., and Musmarra, D. 2020. Natural Beta-Carotene: a Microalgae Derivate for Nutraceutical Applications. Chem. Eng. Trans. 79: 103-108.
56. Ghorbani, Z., Hosseini, M., and Ebrahimi. S. 2017. Accumulation of Beta-carotene in pure microalgae of *Dunaliella Salina* and the mixed cultures of Caspian Sea under nitrogen starvation. Iran. J. Biosys. Eng. 47: 4. 721-725. (In Persian)
57. Yin, L.J., Chu, B.S., Kobayashi, I., and Nakajima, M. 2009. Performance of selected emulsifiers and their combinations in the preparation of β-carotene nanodispersions. Food Hydrocoll. 23: 1617-1622.
58. Seifzadeh, M., Khanipour, A.A., and Morady, Y. 2016. The evaluation of the quality of beta-carotene derived from *Azolla Filiculoides* in the Anzali Wetland using the alkaline hydrolysis method in summer. Iran. J. Fish. Sci. 25: 5. 75-87. (In Persian)
59. Bashiri, S., Ghanbarzadeh, B., Hamishekar, H., and Dehghannya, J. 2016. Beta-Carotene loaded nanoliposome: effects of gama-oryzanol on particle size stability and encapsulation. Res. Inno. Food Sci. Tech. 4: 4. 365-382. (In Persian)

60.Gul, K., Tak, A., Singh, A.K., Singh, P., Yousuf, B., and Wani, A.A. 2015. Chemistry, encapsulation, and health benefits of β-carotene- A review. Cogent food agric. 1: 1018696.
61.Yilmaz, T., Kumcuoglu, S., and Tavman, S. 2017. Ultrasound assisted extraction of lycopene and β-carotene from tomato processing wastes. Ital. J. Food. Sci. 29: 186-194.
62.Sekar, S., and Chandramohan, M. 2008. Phycobiliproteins as a commodity: trends in applied research, patents and commercialization. J. Appl. Phycol. 20: 113-136.
63.Griffiths, M., Harrison, S.T.L., Smit, M., and Maharajh, D. 2016. Major commercial products from micro- and macroalgae. In: Bux, F. and Chisti, Y. (eds) Algae Biotechnology. Green Energy and Technology. pp. 269-300.
64.Eriksen, N.T. 2008. Production of phycocyanin- a pigment with applications in biology, biotechnology, foods and medicine. Appl. Microbiol. Biotechnol. 80: 1-14.
65.Niu, J., Wang, G., Lin, X., and Zhou, B. 2007. Large-scale recovery of C-phycocyanin from Spirulina platensis using expanded bed adsorption chromatography. J. Chromatogr. B. 850: 267-276.
66.Tsai, H.P., Chuang, L.T., and Chen, C.N.N. 2013. Production of long chain omega-3 fatty acids and carotenoids in tropical areas by a new heat-tolerant microalga Tetraselmis sp. DS3. Food Chem. 192: 682-690.
67.Ryckebosch, E., Bruneel, C., Termote-Verhalle, R., Goiris, K., Muylaert, K., and Foubert, I. 2014. Nutritional evaluation of microalgae oils rich in omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids as an alternative for fish oil. Food Chem. 160: 393-400.
68.Astiasarán, I., and Ansorena, D. 2009. Algal oil. In R. A. Moreau, & A. Kamal-Eldin (Eds.), Gourmet and health-promoting specialty oils (pp. 491-513). Urbana. Illinois. USA: AOACS Press.
69.Miyashita, K., Mikami, N., and Hosokawa, M. 2013. Chemical and nutritional characteristics of brown seaweed lipids: A review. J. Funct. Foods. 5: 4. 1507-1517.
70.Nomura, T., Kikuchi, M., Kubodera, A., and Kawakami, Y. 1997. Proton-donative antioxidant activity of fucoxanthin with 1, 1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH). IUBMB Life. 42: 2. 361-370.
71.Rawdan, S.S. 1991. Sources of c20-polyunsaturated fatty acids for biotechnological use. Appl. Microbiol. Biotechnol. 35: 421-430.
72.Radmer, R.J. 1996. Algal diversity and commercial algal products. Biosci. 46: 4. 263-270.
73.Hurdato, A.Q. 2014. Developments in production technology of Kappaphycus in the Phillipines: more than four decades of farming. Paper presented at the 5th Congress of the International Society for Applied Phycology, Australia Technology Park, Sydney, 22-27 June 2014.
74.Pulz, O., and Gross, W. 2004. Valuable products from biotechnology of microalgae. Appl. Microbiol. Biotechnol. 65: 6. 635-648.
75.Apt, K.E., and Behrens, P.W. 1999. Commercial developments in microalgal biotechnology. J. Phycol. 35: 2. 215-226.
76.Gharekhan, R., Kordjazi, M., Adeli, A., and Adousi, F. 2020. A review on the role of algae bioactive compounds in the cosmetic industry. Journal of Utilization and Cultivation Aquatics. 9: 2. 57-79. (In Persian)
77.Ariede, M.B., Candido, T.M., Jacome, A.L.M., Velasco, M.V.R., de Carvalho, J.C.M., and Baby, A.R. 2017. Cosmetic attributes of algae-A review. Algal Res. 25: 483-487.
78.Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., and Isambert, A. 2006. Commercial applications of microalgae. J. Biosci. Bioeng. 101: 2. 87-96.
79.Ryu, B., Himaya, S.W.A., and Kim, S.K. 2015. Applications of Microalgae Derived Active Ingredients as Cosmeceuticals. In Handbook of Marine Microalgae. pp. 309-316.

80. Joshi, S., Kumari, R., and Upasani, V.N. 2018. Applications of algae in cosmetics: An overview. Int. J. Innov. Sci. Eng. Tech. 7: 1269-1278.
81. Irkin, L.C. 2019. The use of Macroalgae as a Feed Supplement in Fish Diets. IJTSRD. 3: 5. 2456-6470.
82. Shields, R.J., and Lupatsch, I. 2012. Algae for Aquaculture and Animal Feeds. Technikfolgenabschätzung–Theorie und Praxis, 21: 23-37.
83. Garcia-Vaquero, M., and Haye, M. 2016. Red and green macroalgae for fish and animal feed and human functional food development. Food Rev. Int. 32: 1. 15-45.
84. Naidoo, K., Maneveldt, G., Ruck, K., and Bolton, J.J. 2006. A Comparison of Various Seaweed-Based Diets and Formulated Feed on Growth Rate of Abalone in a Land-Based Aquaculture System. J. Appl. Phycol. 18: 3-5. 437-443.
85. Savci, S., 2012. An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. Int. J. Environ. Sci. Dev. 3: 1. 77-80.
86. Karthik, T., Sarkar, G., Babu, S. Amalraj, L.D., and Jayasri, M.A. 2020. Preparation and evaluation of liquid fertilizer from *Turbinaria ornata* and *Ulva reticulata*. Biocatal. Agric. Biotechnol. 28: 101712.
87. Chbani, A., Mawlawi, H., and Zaouk, L. 2013. Evaluation of brown seaweed (*Padina pavonica*) as biostimulant of plant growth and development. Afr. J. Agric. Res. 8: 13. 1155-1165.
88. Ramarajan, S., Joseph, L.H., and Ganthi, A.S. 2012. Effect of Seaweed Liquid Fertilizer on the Germination and Pigment Concentration of Soybean. J. Crop Sci. Tech. 1: 2. 1-5.
89. Patel, R.V., Pandya, K.Y., Jasrai, R.T., and Brahmbhatt, N. 2018. Significance of green and brown seaweed liquid fertilizer on seed germination of *solanum melongena*, *solanum lycopersicum* and *capsicum annum* by paper towel and pot method. Int. J. Recent Sci. Res. 9: 2. 24065-24072.
90. Akila, N., and Jeyadoos, T. 2010. The potential of seaweed liquid fertilizer on the growth and antioxidant enhancement of *Helianthus annuus* L. Orient. J. Chem. 26: 4. 1353-1360.
91. Borazjani, N.J., Tabarsa, M., You, S., and Rezaei, M. 2017. Effects of extraction methods on molecular characteristics, antioxidant properties and immunomodulation of alginates from *Sargassum angustifolium*. Int. J. Biol. Macromol. 101: 703-711.
92. Bahramzadeh, S., Tabarsa, M., You, S., Li, C., and Bita, S. 2019. Purification, structural analysis and mechanism of murine macrophage cell activation by sulfated polysaccharides from *Cystoseira indica*. Carbohydr. Polym. 205: 261-270.
93. Khajavi, S., Tabarsa, M., Gavlighi, H.A., and Rezaei, M. 2021. Relationship evaluation of molecular weight and antioxidant and alpha amylase inhibition properties of fucoidan and alginate from brown seaweed Padina pavonica in comparison with polysaccharides from Flixweed and fennel. J. Fish. Sci. Tech. 10: 1. 31-45. (In Persian)
94. Yousefi, M.K., Philizadeh, Y., Eslami, H.R., Mashinchian, A., and Aberoumand, P. 2010. Optimization of extraction of agar from *Gracilaria corticata* in Persian Gulf. Oceanography. 1: 4. 29-36. (In Persian)
95. Rostami, Z., Tabarsa, M., You, S., and Rezaei, M. 2017. Relationship between molecular weights and biological properties of alginates extracted under different methods from *Colpomenia peregrina*. Proc. Biochem. 58: 289-297.
96. Roya Abka Khajouei, R.A., Keramat, J., Hamdami, N., Ursu, A., Delattre, C., Laroche, C., Gardarin, C., Lecerf, D., Desbrières, J., Djelveh, G., and Michaud, P. 2018. Extraction and characterization of an alginate from the Iranian brown seaweed *Nizimuddinia zanardini*. Int. J. Biol. Macromol. 118: 1073-1081.
97. Hasas, M.R. 1996. Investigation of extraction of Kappa and Lambda carrageenans from Chondrus (red algae) on the rocky shores of Ramin Chabahar (November and January). Doctoral dissertation. Central Library of Shahid Beheshti University of Medical Sciences.

98.Rahimi, F., Tabarsa, M., and Rezaei, M. 2016. Ulvan from green algae *Ulva intestinalis*: optimization of ultrasound-assisted extraction and antioxidant activity. J. Appl. Phycol. 28: 2979-2990.
99.Aghajanpoor, N., Babakhani, A., and Tabarsa, M. 2018. Optimization of the extraction of pigments of Persian Gulf brown algae *Sargassum angustifolium* using response surface method (RSM). Fishries. 71: 4. 390-400. (In Persian)
100.Tavallaie, S., Rostami, Kh., and Mazaheri Asadi, M. 2019. B-carotene production by native *Dunaliella salina* strain. JFST. 84: 15. 153-161. (In Persian)
101.Yaztapeh, E.S., Tabatabaei, M.R.H., and Abkenar, A.M. 2021. The compression of antioxidant activity and β-carotene extracted from three species of native algae of Oman Sea (*Ulva lactuca*, *Sargassum ilicifolium* and *Nizimuddinia zanardini*). Iran. Sci. Fish. J. 29: 6. 53-64. (In Persian)
102.Safari, R., Raftani amiri, Z., Esmaeilzadeh Kenari, R. 2018. Evaluation of the effect of temperature, time and pH on stability of phycocyanin extracted from *Spirulina platensis*. Iranian Scientific Fisheries Journal. 26: 5. 85-93. (In Persian)
103.Jamili, S.H., Gohari, A., Saidnia, S., and Parmeh, P. 2015. Extraction and identification of sterols of *Padina boergesenii* from the coast of Chabahar. J. Sci. Fish. 24: 3. 35-45. (In Persian)
104.Pishevarzad, F., Hosseini, S.V., Farahmand, H., Lastra, M., and Lopez, S. 2018. Effect of sterols extracted from Persian Gulf red algae on human skin cell collagen. Fisheries. 71: 3. 208-215. (In Persian)
105.Jamili, S.H., Gohari, A.R., Saeidnia, S., Permeh, P., Firoozi, J., Gharanjik, B.M., and Sadrian, M. 2013. Extraction and Identification steroids in two species marine algae, Sargassum oligocystum and Nizamudiinia zanardinii in Persian Gulf and Oman Sea. Iran. Sci. Fish. J. 22: 3. 23-30. (In Persian)
106.Yazdi, M.E., Sheikh-o-eslami, Z., and Sharifi, A. 2018. Improving the quality characteristics of Barbary bread using *Spirulina Platensis*. JIFST. 2: 69-77. (In Persian)
107.Souzankar, R., Chaichi-Nosrati, A., and Movahhed S. 2018. Enrichment of Coated Wafers by Addition of Micro Algae *Arthrospira* (Spirulina) *Platensis* Powder. Iran. J. Nutr. Sci. Food Tech. 13: 2. 51-60. (In Persian)
108.Salimpour Erdi, M., Khoshkhoo, Zh., and Emtiazjoo, M. 2019. The investigation of production of ice cream containing Dunaliella salina alga powder. JFST. 90: 16. 271-282. (In Persian)
109.Asadi Farsani, O., Kordjazi, M., Shabanpour, B., Ojagh, S.M., and Jamshidi, A. The Effect of Antioxidant Properties of Brown Algae (Iyengaria Stellata) Extract on the Shelf-life and Sensory Properties of Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss)Fillet Nugget during Frozen Storage (-18 °C). (In Persian)
110.Jannat-Alipour, H., Rezaei, M., Shabanpour, B., and Tabarsa, M. 2019. Edible green seaweed, *Ulva intestinalis* as an ingredient in surimi-based product: chemical composition and physicochemical properties. J. Appl. Phycol. 31: 4. 2529-2539.
111.Azad Fallah, S., and Kafili, T. 2021. Rheological, textural sensorial and color properties of apple jellies supplemented with Spirulina sp. JFST. 114: 18. 83-94. (In Persian)
112.Mosaddegh, Y., Tavakoli, M., Kamalirousta, L., Khoshkhu, J., and Soltani, M. 2019. Macaroni formulation fortified with potato fiber and *Dunaliela salina* alga powder and determination of physical, chemical and sensory properties. JFST. 90: 16. 87-90. (In Persian)
113.Poorghasem, H., Babakhani, A., and Rostamzad, H. 2017. Effect of Green Algae, Ulva intestinalis on Antioxidant Activity of Pasta. J. Fish. 70: 3. 309-318.
114.Salehifar, M., Shabazizadeh, S., Darani, K.K., and Bahmadi, H. Investigation of the possibility of enriching industrial cakes using the microalgae *Spirulina platensis*. Inovation in food science and technology. 5: 3. 39-46. (In Persian)

115.Adeli, A., Toqortapeh, R.G., Kordjazi, M., Ahmad Nasrollahi, S., Shabanpour, B., and Naeimifar, A. 2019. Assessment marketability of algae (*Sargassum boveanum*) cream and gel moisturizing prototypes. J. Fish. Sci. Tech. 8: 4. 209-219. (In Persian)

116.Shokrkar, H., and Ebrahimi, S. 2019. Kinetic Study on Bioethanol production from enzymatic hydrolysates of microalgal biomass. Modares J. Biotech. 10: 1. 61-68. (In Persian)

117.Ghafarizadeh, A., Seyyed nejad, S.M., and Gilani, A. 2018. Studies on the effect of seaweed liquid fertilizer (*Nizamuddinia zanardinii*) in different levels of urea on some growth parameters and antioxidant activity of seedlings Triticum aestivum cv. 'Chamran2'. Applied Biology. 1: 5. 207-227. (In Persian)

118.Kabirifard, A., Dashtizadeh, M., Kamali, A.A., and Khaj, H. 2019. Comparison of nutritional value of Sargassum angustifolium on the coasts of Bushehr province with Cystocira indica on the coasts of Sistan and Baluchestan province for ruminant feeding. Journal of Animal Environmental. 11: 3. 35-44. (In Persian)

119.Sharifi, O.V., Yaghoubfar, A., Sharifi, S.D., Mirzadeh, Gh., and Askari, F. 2012. Investigation of the possibility of using *Gracylariopsis Persica* in feeding laying hens. Animal production. 14: 1. 1-10. (In Persian)

120.Morshedi, V., Tamadoni, R., and Sarraf, M. 2022. An overview of the importance of macroalgae in the aquaculture industry (with an emphasis on fish). Iranian Journal of Biology. 5: 10. 117-124. (In Persian)