



University of Hormozgan



## Chemical composition, amino acids and fatty acids profile of the mix of brown macroalgae, from Chabahar coasts

Paria Akbary<sup>✉</sup>

Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received: 15 November 2023

Accepted: 14 November 2024

Published online: 13 December 2024

#### ✉ Corresponding Author:

paria.akbary@gmail.com

#### Keywords:

Brown macroalgae,  
Essential amino acids,  
unsaturated fatty acids,  
Protein,  
Lipid

### ABSTRACT

The aquaculture industry faces significant challenges in securing high-quality, stable, and cost-effective food sources. In recent years, extensive research has focused on utilizing various algae species as a protein source in aquatic diets. This study aims to evaluate the chemical composition, amino acid profile, and fatty acid profile of a blend of brown macroalgae: *Padina australis*, *Sargassum ilicifolium*, and *Stoechospermum marginatum*. The algae were collected from the tidal areas of Chabahar coast, washed, dried, mixed in a 1:1:1 ratio, and powdered for analysis. The chemical composition was determined using the AOAC method, fatty acids were analyzed by chromatography, and amino acids were assessed via HPLC. The results revealed that the macroalgae mixture contained 8.43% protein, 1.30% fat, 21.26% ash, and 68.01% moisture. The predominant saturated fatty acids were palmitic acid ( $17.11 \pm 0.31\%$ ), myristic acid ( $11.43 \pm 0.15\%$ ), and stearic acid ( $6.62 \pm 0.32\%$ ). The ratio of non-essential to essential amino acids was 1.05. Oleic acid ( $17.21 \pm 7.21\%$ ) was the most prevalent monounsaturated fatty acid, while the major long-chain polyunsaturated fatty acids (PUFAs) included arachidonic acid ( $11.24 \pm 7.03\%$ ), linoleic acid ( $9.12 \pm 3.21\%$ ), and eicosapentaenoic acid ( $8.13 \pm 0.68\%$ ). The total essential and non-essential amino acids were 6.78 and 7.15 mg AA g<sup>-1</sup> sample, respectively, with aspartic acid ( $1.88 \pm 0.05$  mg AA g<sup>-1</sup>) and glutamic acid ( $1.98 \pm 0.05$  mg AA g<sup>-1</sup>) being the most abundant non-essential amino acids. Overall, these findings suggest that the blend of *P. australis*, *S. ilicifolium*, and *S. marginatum* represents a promising ingredient for aquatic nutrition, particularly due to its rich content of essential amino acids and long-chain unsaturated fatty acids.



Publisher: University of Hormozgan.

## EXTENDED ABSTRACT

### Introduction

The use of seaweeds in aquaculture has gained increasing recognition due to their rich nutrient content, including antioxidants, essential fatty acids (omega-3 and omega-6), essential amino acids, vitamins, minerals, carbohydrates, and beta-carotene. The Persian Gulf and the Sea of Oman are abundant sources of microscopic algae, offering valuable resources for sustainable aquaculture. Successful aquaculture relies on maintaining the health of aquatic organisms, optimizing cultivation conditions for maximum growth, and reducing production costs. To achieve these objectives, researchers and cultivators are exploring innovative solutions. This study aims to assess the chemical composition, fatty acid profile, and amino acid content of a blend of brown macroalgae (*Padina australis*, *Sargassum ilicifolium*, and *Stoechospermum marginatum*) for their potential use in aquaculture nutrition.

### Materials and Methods

Macroalgae *P. australis*, *S. ilicifolium*, and *S. marginatum* were collected in December 2021 from the coasts of Chabahar (Great Sea and Tis) during low tide. After transportation to the laboratory, the algae were thoroughly washed with freshwater to remove dirt and epiphytic organisms. They were then dried at room temperature (25°C) in a shaded area, away from direct sunlight. For extraction, the dried macroalgae were ground into fine pieces using an electric grinder. A mixture of 200 grams of powder, consisting of equal parts from the three species (1:1:1), was prepared and stored at -4°C for future use. Chemical analysis of the composition, fatty acid profile, and amino acid content of the macroalgae mixture was conducted following the standard AOAC method, with fatty acids analyzed using gas chromatography and amino acids assessed by HPLC.

### Results

The results showed that the protein, fat, ash, and moisture content of the macroalgae premix were 8.43%, 1.30%, 21.26%, and 68.01%, respectively, with moisture being the predominant component. The major saturated fatty acids in the macroalgae premix were palmitic acid (17.11 ± 0.31%), myristic acid (11.43 ± 0.15%), and stearic acid (6.62 ± 0.32%). The ratio of non-essential to essential amino acids was 1.05. Among the monounsaturated fatty acids, oleic acid (17.21 ± 7.21%) was the most abundant, while the predominant long-chain polyunsaturated fatty acids (PUFAs) were arachidonic acid (11.24 ± 7.03%), linoleic acid (9.12 ± 3.21%), and eicosapentaenoic acid (8.13 ± 0.68%). The total amount of essential and non-essential amino acids was 6.78 mg and 7.15 mg per gram of sample, respectively. Aspartic acid (1.88 ± 0.05 mg AA/g sample) and glutamic acid (1.98 ± 0.05 mg AA/g sample) were the most prevalent non-essential amino acids.

### Conclusion

The results of this research suggest that a mixture of macroalgae *Padina australis*, *Sargassum ilicifolium*, and *Stoechospermum marginatum* is a recommended nutritional source for aquatic organisms, owing to its high content of predominant long-chain unsaturated fatty acids and essential amino acids.



## ترکیب شیمیایی، پروفایل اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب مخلوط ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای

### سواحل چابهار

پریا اکبری ✉

دانشگاه دریانوری و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه شیلات

#### چکیده

#### اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۹/۲۳

✉ نویسنده

مسئول: paria.akbary@gmail.com

#### کلیدواژه‌ها:

ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای،

اسیدهای آمینه ضروری،

اسیدهای چرب غیراشباع،

پروتئین،

چربی

تحقیق حاضر به منظور ارزیابی ترکیب شیمیایی، پروفایل اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب مخلوط ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای *Padina australis* و *Sargassum ilicifolium* و *Stoechospermum marginatum* انجام گرفت. در این مطالعه، ماکرو جلبک‌ها از مناطق جزر ومدی سواحل چابهار جمع‌آوری و شستشو داده شدند و پس از خشک کردن به نسبت ۱:۱ با هم ترکیب و به صورت پودر درآمدند. ترکیب شیمیایی به روش AOAC، اسیدهای چرب با دستگاه کروماتوگرافی و اسیدهای آمینه با دستگاه HPLC اندازه‌گیری شد. میزان پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت به ترتیب ۸/۴۳، ۱/۳۰، ۲۱/۲۶ و ۶۸/۰۱ درصد به دست آمد. اسیدهای چرب اشباع‌شده غالب در پرمیکس ماکرو جلبک‌های مورد آزمایش به ترتیب اسید پالمیتیک (۳۱/۱۱±۱۷ درصد)، مریستیک اسید (۱۵/۱۱±۱۱/۴۳ درصد) و اسید استئاریک (۳۲/۶۲±۶ درصد) بود. نسبت بین اسیدهای آمینه غیرضروری به اسیدهای آمینه ضروری ۱/۰۵ بود. در بین اسیدهای چرب تک‌زنجیره غیراشباع، اولئیک اسید (۲۱/۲۱±۱۷ درصد) و از بین اسیدهای چرب بلندزنجیره اشباع‌نشده (PUFA)، به ترتیب آراشیدونیک اسید (۰۳/۲۴±۱۱ درصد)، لینولئیک اسید (۲۱/۱۲±۹ درصد) و ایکوزاپنتانویک اسید (۶۸/۱۳±۸ درصد) غالب بود. مجموع اسید آمینه‌های ضروری و غیرضروری به ترتیب ۶/۷۸ و ۷/۱۵ میلی‌گرم اسید آمینه بر گرم نمونه بود. اسید آسپارتیک (۰۵/۱۸۸±۱ میلی‌گرم اسید آمینه بر گرم نمونه) و گلوتامیک اسید (۰۵/۹۸±۱ میلی‌گرم اسید آمینه بر گرم نمونه) جز اسید آمینه غیر ضروری غالب بود. در کل، بر اساس نتایج این تحقیق، استفاده از مخلوط ماکرو جلبک‌های *P. australis*، *S. marginatum* و *S. ilicifolium* به دلیل وجود اسیدهای چرب غیراشباع بلندزنجیره غالب و اسیدهای آمینه ضروری در تغذیه آبریان توصیه می‌گردد.



ناشر: دانشگاه هرمزگان.

## مقدمه

ماکروجلبک‌های دریایی از اصلی‌ترین تولیدکنندگان اولیه دریاها در مناطق بین جزر و مدی هستند. ماکروجلبک‌ها به دلیل اهمیت اقتصادی و کاربردهای فراوان خود از جمله داشتن پلی‌ساکاریدها، تولید آگار، کاراگینان، پروتئین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، اسیدهای چرب ضروری (امگا ۳ و ۶)، اسیدهای آمینه ضروری، استروئیدها، مواد معدنی، ویتامین‌ها و فیبرها، یکی از منابع زیستی و طبیعی هستند که امروزه در صنایع علوم پزشکی، کشاورزی، تغذیه و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند (Rajapakse and Kim, 2011; Arumugama et al., 2017). استفاده از آن‌ها در رژیم غذایی آبزیان منجر به بهبود کارایی تغذیه آبزیان، هضم، کیفیت آب و تقویت سیستم ایمنی ماهیان می‌گردد (Banerjee et al., 2010; Tabarsa et al., 2012).

سطح پروتئین و اسیدآمینه‌های ضروری برای ماکروجلبک‌ها بسیار متفاوت است و قابلیت هضم پروتئین ممکن است توسط پلی‌ساکاریدهای خاص گونه‌ها و ترکیبات فنلی تحت تاثیر قرار بگیرند. بنابراین عمومیت دادن در مورد سودمندی کل ماکروجلبک‌ها به عنوان منبع پروتئین امکان پذیر نیست. بسیاری از گونه‌ها دارای پروتئین‌های با قابلیت هضم بسیار کمی هستند (Øverland et al., 2019). پروتئین ماکروجلبک‌ها دارای همه اسیدهای آمینه از جمله گلیسین، آرژینین، آلانین و گلوتامیک اسید می‌باشند. میزان اسیدهای آمینه ضروری ماکروجلبک‌ها با میزان نیاز پروتئینی اعلام شده توسط سازمان فائو و بهداشت جهانی قابل مقایسه است اسپارتیک اسید و گلوتامیک اسید فراوان‌ترین اسیدهای آمینه بوده و حدود ۲۲ تا ۴۴ درصد کل اسیدهای آمینه را تشکیل می‌دهند (Øverland et al., 2019).

میزان کل چربی ماکروجلبک‌ها از ۰/۳ تا ۴/۳ گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن خشک است و در بیشتر جلبک‌های دریایی پالمیتیک اسید (C۱۶:۰) فراوان‌ترین اسیدچرب اشباع است. بالاترین میزان پالمیتیک اسید در جلبک سبز یافت می‌شود که ۵۳-۴۱ درصد کل اسیدهای چرب آن را تشکیل می‌دهد و جلبک قهوه‌ای و قرمز به ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند (Silva et al., 2013). هرچند میزان لیپیدها در جلبک‌ها پایین است اما آن‌ها منبع خوبی از اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) n-۳ و n-۶ هستند. اسیدهای چرب امگا-۳ پیش ماده مهمی در سنتز ایکوزانوئیدها هستند که در حقیقت واسطه‌های مهمی در واکنش‌های التهابی و تنظیم پاسخ ایمنی بدن می‌باشند. هنگامی که جیره غذایی کمبود اسیدچرب امگا ۳ ضروری را داشته باشد فعالیت‌های ضد باکتریایی سلول‌های ماکروفاژ کاهش می‌یابد در صورتی که ماکروفاژهای ماهی که اسیدلینولینیک دریافت می‌کنند قدرت باکتری‌کشی بالاتری دارند. همچنین مشخص گردید که اسید آراشیدونیک به دلیل آن که به عنوان ماده پیشرو در تولید ایکوزانوئید مطرح است می‌تواند باعث رشد و رنگدانه‌بندی ماهیان دریایی شود (Øverland et al., 2019; Ab Lah et al., 2017). یکی از مزایای مهم ماکروجلبک‌ها، به ویژه ماکروجلبک‌های قهوه‌ای، حضور بالای اسیدهای چرب PUFA به خصوص PUFAهای سری n-۳ و n-۶ می‌باشد گزارش شده است که نسبت پایین n-۳/n-۶ دارای اثرات جلوگیری‌کننده در مقابل بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان و بیماری‌های التهابی و ایمنی می‌باشد (Silva et al., 2013; Simopoulos, 2002).

مطالعات متعددی در زمینه بررسی ترکیبات شیمیایی، اسیدهای آمینه، و اسیدهای چرب برخی گونه‌های ماکروجلبک‌ها به عنوان مثال، *Macrocystis pyrifera* (Castro-González et al., 2000)، *Sargassum sp* (Casas-Valdez et al., 2006)، *Gracilaria salicornia* (Tabarsa et al., 2012) و *P. australis* (Akbari et al., 2021) صورت گرفته است به عنوان مثال، Akbari و همکاران (۲۰۲۱) میزان ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید در ماکروجلبک‌های قهوه‌ای *Stoechospermum marginatum* و *P. australis* بیشتر از جلبک قرمز *Stoechospermum marginatum* گزارش نمودند (Akbari et al., 2021). محتوای پروتئین خام، لیپید خام، خاکستر و فیبر در وعده‌های غذایی متشکل از جلبک دریایی *Macrocystis pyrifera* به ترتیب دامنه‌ای از ۵ تا ۱۴، از ۵ تا ۲، از ۳۱ تا ۴۵ و از ۵ تا ۹ درصد داشت (Castro-González et al., 2000).

از آنجایی که پراکنش جلبک‌های ماکروسکوپی در سواحل خلیج فارس و دریای عمان زیاد است لذا مطالعه حاضر، با هدف ارزش غذایی ترکیب تقریبی، اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب پرمیکس ماکروجلبک‌های قهوه‌ای *S. P. australis*

*Stoechospermum marginatum* و *S. ilicifolium* منطقه چابهار برای ترویج این محصول غذایی منطقه‌ای در جیره غذایی انسان و حیوان می‌باشد که می‌تواند چشم‌انداز خوبی در توسعه سلامت عمومی مصرف‌کنندگان و سودآوری تجاری ماکرو جلبک‌های این منطقه داشته باشد.

## مواد و روش‌ها

جمع‌آوری دستی ماکرو جلبک‌های *P. australis*، *S. marginatum* و *S. ilicifolium* در آذرماه ۱۴۰۰ از سواحل چابهار (دریا بزرگوت‌سی) هنگام جزر صورت گرفت و پس از حمل به آزمایشگاه، با آب شیرین‌چندین بار شستشو شدند تا کاملاً گلولای و موجودات Epiphyte آن‌ها از بین رفت. سپس در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) به‌دور از نور مستقیم خورشید خشک شدند. به منظور عصاره‌گیری، ابتدا ماکرو جلبک‌های خشک شده، توسط آسیاب برقی به قطعات ریز تبدیل شدند. سپس مقدار ۲۰۰ گرم پودر مخلوط حاصل از سه گونه ماکرو جلبک (۱:۱:۱) تهیه شد و تا زمان استفاده بعدی در دمای ۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Akbari et al., 2020).

تجزیه شیمیایی ترکیب شیمیایی مخلوط ماکرو جلبک مورد آزمایش، بر اساس روش استاندارد AOAC (2000) انجام گرفت. پروتئین کل لاشه با روش دستگاه کج‌دال، چربی با روش سوکسله و حلال اتر، رطوبت از طریق قرار دادن نمونه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، توزین نمونه بعد از خنک شدن و خاکستر از طریق سوزاندن نمونه در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت محاسبه شد (AOAC, 2000).

ابتدا از مقدار ۲۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم از نمونه مخلوط ماکرو جلبک‌ها طبق روش Nazari و همکاران (۲۰۱۳) اسید چرب متیل استر استخراج گردید. سپس از بخش رویی محلول (شامل هگزان) جداسازی شده و برای تعیین پروفایل اسید چرب به دستگاه گاز کروماتوگرافی تزریق گردید. برای جداسازی و شناسایی انواع اسیدهای چرب، از دستگاه کروماتوگرافی مدل Unicam ۴۶۰۰ (مستقر در شرکت میزان سنجش پاسارگاد تهران) استفاده شد. و زمان بازداری مربوط به هر اسید چرب با منحنی مربوط به اسیدهای چرب استاندارد و زمان بازداری مقایسه شد و به این ترتیب، نوع و میزان اسید چرب (بر حسب درصد کل اسیدهای چرب) تعیین گردید (Pal et al. 2013).

جهت سنجش ترکیب اسیدهای آمینه از روش Lindroth و Mopper (۱۹۷۹) با کمی تغییر استفاده گردید. ابتدا ۰/۱ گرم پودر مخلوط ماکرو جلبک‌های خشک شده در دستگاه فریز درایر (Operon-۷۰۱۲، کشور کره جنوبی) به لوله هضم اضافه و ۷/۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ نرمال به آن اضافه شد پس از مرحله هضم، برای مرحله اشتقاق، ۱۰ میکرولیتر بافر استات به لوله هضم حاوی اسید آمینه خشک شده اضافه شده و بعد از مخلوط کردن مجدداً ۴۹۰ میکرولیتر بافر استات به مخلوط اضافه شده و به مدت ۵ دقیقه آنکوباسیون گردید و سپس بافر بورات و ۱۰۰ میکرولیتر محلول OPA (o-phthalaldehyde) اضافه شده و پس از ۲ دقیقه آنکوباسیون، ۵۰ میکرولیتر اسید کلریدریک ۰/۷۵ مولار به ترکیب اضافه شده تا واکنش متوقف شد و نهایتاً ۲۰ میکرولیتر از ترکیب نهایی با سرنگ مخصوص به دستگاه HPLC (۱۲۹۰ infinity کشور انگلیس) به مشخصات ستون (۱۸ RP ۴×۱۰۰ mm OPA specific column) و دمای ستون ۳۰ درجه سانتی‌گراد تزریق گردید (Akbari et al., 2021).

## نتایج

در جدول ۱ میزان ترکیب شیمیایی مخلوط ماکرو جلبک‌ها ارائه شده است. میزان پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت به ترتیب ۸/۴۳، ۱/۳۰، ۲۱/۲۶ و ۶۸/۰۱ درصد گزارش شد.

جدول ۱. ترکیب شیمیایی پرمیکس ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای *S. marginatum* و *S. ilicifolium* *P. australis*

ترکیب شیمیایی (درصد)	رطوبت (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	ماده خشک (درصد)
۶۸/۰۱±۰/۹۳	۸/۴۳±۰/۲۴	۱/۳۰±۰/۰۵	۲۱/۲۶±۴/۱	

در جدول ۲ ترکیب اسیدهای چرب (کل درصد اسیدهای چرب) مخلوط ماکروجلبک‌های مورد آزمایش نشان داده شده است. اسیدهای چرب اشباع‌شده غالب در پرمیکس ماکروجلبک‌های مورد آزمایش به ترتیب اسید پالمیتیک ( $17/11 \pm 0/31$  درصد)، مرستیک‌اسید ( $11/43 \pm 0/15$  درصد) و اسید استئاریک ( $62/62 \pm 0/32$  درصد) بود. در بین اسیدهای چرب تک‌زنجیره غیراشباع، اولئیک‌اسید ( $7/21 \pm 17/21$  درصد) و از بین اسیدهای چرب بلندزنجیره اشباع‌نشده (PUFA)، به ترتیب آراشیدونیک‌اسید ( $7/11 \pm 0/32$  درصد)، لینولئیک‌اسید ( $3/21 \pm 9/12$  درصد) و ایکوزاپنتانویک‌اسید ( $0/68 \pm 8/13$  درصد) غالب بود.

جدول ۲. ترکیب اسیدهای چرب (درصد کل اسیدهای چرب) مخلوط ماکروجلبک‌های قهوه‌ای *S.marginatum* و *S.ilicifolium* *P.australis*

اسیدهای چرب	(درصد کل اسید چرب)
C12:0	$0/83 \pm 0/02$
C14:0	$11/43 \pm 0/15$
C16:0	$17/11 \pm 0/31$
C18:0	$6/62 \pm 0/32$
C20:0	$3/11 \pm 0/11$
SFA*	$39/10 \pm 12/05$
C14:1n-5	$0/76 \pm 0/31$
C16:1n-7	$3/31 \pm 0/54$
C18:1n-7	$1/67 \pm 0/43$
C18:1n-9	$17/21 \pm 7/21$
MUFA**	$22/95 \pm 9/13$
C18:2n-6	$0/92 \pm 3/21$
C18:3n-3	$4/83 \pm 0/91$
C20:4n-6	$11/24 \pm 7/03$
C20:5n-3	$8/13 \pm 0/68$
C22:6n-3	$2/78 \pm 0/21$
PUFA***	$36/10 \pm 5/87$

مقادیر (خطای معیار  $\pm$  میانگین، ۳ تکرار از هر تیمار). \* SFA اسید چرب اشباع \*\* MUFA اسید چرب تک زنجیره غیراشباع \*\*\* PUFA اسید چرب چندزنجیره غیراشباع

در جدول ۳ ترکیب اسیدهای آمینه کل مخلوط ماکروجلبک‌های مورد مطالعه ارائه شده است. مجموع اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری به ترتیب  $6/78$  و  $7/15$  میلی‌گرم اسید آمینه بر گرم نمونه بود. اسیدآسپارتیک ( $1/88 \pm 0/05$  میلی‌گرم اسید آمینه بر گرم نمونه) و گلوتامیک‌اسید ( $1/98 \pm 0/05$  میلی‌گرم اسید آمینه بر گرم نمونه) جز اسید آمینه غیرضروری غالب بود.

جدول ۳. ترکیب اسیدهای آمینه (میلی‌گرم اسید آمینه/گرم نمونه) کل مخلوط ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای *P. australis*، *S. marginatum* و *S. ilicifolium*

اسیدهای آمینه ضروری (EAA)	میلی‌گرم اسید آمینه / گرم نمونه
آرژنین	۰/۸۷ ± ۰/۰۲
هیستیدین	۰/۹۰ ± ۰/۰۵
ایزولوسین	۰/۷۸ ± ۰/۰۱
لوسین	۰/۸۰ ± ۰/۰۵
لیزین	۰/۹۸ ± ۰/۰۱
متیونین	۰/۷۳ ± ۰/۰۱
فنیل آلانین	۰/۸۵ ± ۰/۰۵
والین	۰/۸۷ ± ۰/۰۵
اسید آمینه غیر ضروری (NEAA)	
آلانین	۰/۸۵ ± ۰/۰۱
گلوتامیک اسید	۱/۹۸ ± ۰/۰۵
آسپارتیک اسید	۱/۸۸ ± ۰/۰۵
گلیسین	۰/۷۳ ± ۰/۰۲
سرین	۰/۹۵ ± ۰/۰۵
تیروزین	۰/۷۶ ± ۰/۰۲
مجموع اسیدهای آمینه	۱۳/۹۳ ± ۳/۶۲
مجموع اسیدهای آمینه ضروری	۶/۷۸ ± ۰/۷۸
مجموع اسیدهای آمینه غیر ضروری	۷/۱۵ ± ۰/۴۳

مقادیر خطای معیار ± میانگین، حاصل ۳ تکرار از هر تیمار است

## بحث

این تحقیق با هدف ارزیابی ارزش غذایی مخلوط سه گونه ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای *P. australis*، *S. marginatum* و *S. ilicifolium* صورت گرفت. میزان پروتئین خام در پرمیکس مورد مطالعه، ۸/۴۳ درصد به‌دست آمد. در یک مطالعه مشابه، Burtin (۲۰۰۳) گزارش کردند که میزان پروتئین در ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای (۵ تا ۱۵ درصد وزن خشک) در مقایسه با ماکرو جلبک‌های قرمز و سبز (۱۰ تا ۳۰ درصد وزن خشک) کمتر است. این نتایج در دامنه ۵ تا ۱۵ درصد وزن خشک پروتئین مطالعات Burtin (۲۰۰۳) بر روی ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای و همچنین در محدوده بیان شده (۵-۴۷ درصد وزن خشک) در مطالعه Černá (۲۰۱۱) قرار داشت. USDA (۲۰۱۰) نشان داد که ماکرو جلبک قهوه‌ای *Undariaspp* حاوی ۳ درصد پروتئین خام بود. برای ماکرو جلبک سارگاسوم (*S. angustifolium*) و ماکرو جلبک سیستوسیرا (*Cystoseira indica*) به‌ترتیب ۴/۸ و ۲/۱۵ درصد وزن خشک گزارش شد (Kabiri et al., 2015). دلیل این اختلاف در مقادیر پروتئین می‌تواند متاثر از موارد متعددی چون تفاوت گونه‌ها، شرایط محیطی، زیستگاه، بلوغ، فصل نمونه‌گیری، روش‌های آماده‌سازی ماکرو جلبک‌ها و روش آنالیز باشد (Santoso et al., 2010; Khadijah et al., 2021). همچنین می‌توان گفت که غنای کمی و کیفی پروتئین برخی از گونه‌های شناخته‌شده ماکرو جلبک‌ها با برخی منابع پروتئینی گیاهی و حیوانی معمول قابل مقایسه است. برخی از آن‌ها دارای پروتئین‌های با قابلیت هضم بالاتری نسبت به منابع گیاهی می‌باشند و قابلیت هضم پروتئین ماکرو جلبک‌ها، تحت تاثیر گونه، فصل و میزان مواد ضدتغذیه‌ای مانند فنولیک‌ها و پلی‌ساکاریدها است. فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک ممکن است به‌دلیل واکنش اسیدهای آمینه با ترکیب فنلی اکسیدشده کاهش یابد (Černá, 2011). در بین پروتئین‌ها و پپتیدهای آن‌ها، می‌توان ترکیبات زیست‌فعالی

را یافت که دارای اثرات درمانی و مفیدی برای انسان است (Fleurence et al., 2012). همچنین با توجه به نقش پروتئین ماکروجلبک‌ها در سلامت، به دلیل تقویت سیستم گوارشی و نیز تحریک سیستم ایمنی از طریق غیرمستقیم ارتقاء پاسخ میکروبی، می‌توان از آن‌ها جهت افزایش بهره‌وری و ارزش تغذیه‌ای برخی محصولات غذایی استفاده نمود (Wells et al., 2017). لیبیدها، علاوه بر ذخیره انرژی دارای نقش‌های متعددی در موجودات می‌باشند. اگرچه محتوای لیپیدی ماکروجلبک‌های قهوه‌ای با منابع معمول لیپیدی قابل مقایسه نیست (Ratana - Arporn and Chirapart, 2006). اما آن‌ها از نظر کیفی دارای ترکیبات نسبتاً زیست‌فعال بسیار ارزشمندی می‌باشند (Miyashita et al., 2013). در این پژوهش میزان لیپید  $1/3 \pm 0/05$  درصد به دست آمد. با توجه به یافته‌های Burtin و همکاران (۲۰۰۳) ماکروجلبک‌های قهوه‌ای دارای چربی محدودی (۱-۵ درصد وزن خشک) هستند. در مطالعات انجام شده بر روی *Sargassum spp* (Jaswired et al., 2012) *S. polycystum* (Perumal et al., 2019) و *S. ilicifolium* (Rohani-Ghadikolae et al., 2012) به ترتیب ۱/۶۶، ۷/۶ و ۳ درصد گزارش گردید. همچنین Susanto و همکاران (۲۰۱۶) میزان چربی خام در ماکروجلبک‌های قهوه‌ای *S. horneri* و *S. siliquastrum* *S. crassifolium* و *P. australis jakodatensis* به ترتیب ۶۶/۵۸، ۷۳/۷۰، ۷۸/۶۹، ۵۰/۱۵ و ۳۶/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک گزارش کردند که بر اساس گزارش آن‌ها، میزان چربی خام معمولاً کمتر از ۷ درصد وزن خشک بود. می‌توان گفت که مقادیر چربی خام ماکروجلبک‌ها، بسته به عوامل محیطی و جوی موثر بر رشد جلبک (Nomura et al., 2013)، زمان جمع‌آوری (Perumal et al., 2019) اقلیم و جغرافیایی محل رشد جلبک دریایی (Miyashita et al., 2013)، ممکن است تغییر نمایند. لذا این میزان چربی در پرمیکس تحقیق حاضر با توجه به موقعیت جغرافیایی چابهار و نمونه‌گیری در آذرماه به دور از انتظار نیست. در صورتی که افزایش محتوای چربی مدنظر باشد باید شرایط پرورش را به سمت فصل سرما سوق داد. همچنین، بر اساس مطالعه Nelson و همکاران (۲۰۰۲)، مقدار کل چربی ماکروجلبک قهوه‌ای (*Egregia mezesii*) ۱۶-۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بود که با افزایش دما سطح چربی در فصل تابستان کاهش یافت. Sarjana و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی ترکیب شیمیایی جلبک *P. australis* در فصل تابستان نشان دادند که محتوی رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و کربوهیدرات‌ها ۹۰/۵۶، ۲/۱۱، ۱/۰۲، ۰/۴ و ۵/۹۰ گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر جلبک بود و در بین سه ترکیب مغذی، خاکستر بالاترین میزان را در مقایسه با پروتئین و چربی داشت که با تحقیق حاضر همخوانی نداشت. Rohani-Ghadikolae و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که بیشترین میزان خاکستر خام (۲۹/۹ درصد وزن خشک) در ماکروجلبک سارگاسوم (*S. ilicifolium*) و کمترین میزان (۱۲/۴ درصد وزن خشک) در ماکروجلبک اولوا (*Ulvalactuca*) مشاهده شد که با تحقیق حاضر همخوانی داشت. Øverland و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی ترکیب بیوشیمیایی برخی گونه‌های خاص ماکروجلبک‌های قهوه‌ای (*Pelvetia Alaria*, *Fucus*, *Saccharina*, *Laminaria*) *Ascophyllum* و *Undaria* spp نشان دادند که مقادیر خاکستر ۱۵۰-۴۵۰ گرم بر کیلوگرم در گونه‌های خاص ماکروجلبک‌های قهوه‌ای متغیر بود می‌توان گفت که ترکیب شیمیایی ماکروجلبک‌ها بسته به زیستگاه، پراکندگی جغرافیایی، گونه، وضعیت فیزیولوژیکی و شرایط محیطی متفاوت است. همچنین محتوای خاکستر جلبک دریایی بسته به گونه و دوره فصلی متفاوت است (Santos et al., 2019; Khadijah et al., 2021). در تحقیق حاضر میزان رطوبت مشاهده شده در پرمیکس ۶۸/۰۱ درصد بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که جزء اصلی مخلوط ماکروجلبک‌های مورد آزمایش، رطوبت بود. محتوای پروتئین خام، لیپید خام، خاکستر و رطوبت در وعده‌های غذایی متشکل از جلبک دریایی *Macrocystis pyrifera* به ترتیب ۶/۱، ۰/۷، ۳۱/۱ و ۶۰/۴ درصد بود (Castro-González et al., 2000) که رطوبت جز اصلی جلبک *M. pyrifera* بود که با تحقیق حاضر همخوانی داشت. همچنین میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر به ترتیب در *U. clathrata* به ترتیب ۹۰، ۲/۲، ۰/۲ و ۴/۵ درصد بود. Rohani-Ghadikolae و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که میزان رطوبت در ماکروجلبک *C. sinuosa*، *E. intestinalis* و *U. lactuca* به ترتیب ۱۱/۵، ۶/۸ و ۸/۵ درصد وزن خشک بود. دلیل تفاوت مشاهده شده در میزان رطوبت ممکن است نشان دهد که نمونه‌های پودری جلبک قابلیت جذب متفاوتی دارند که می‌تواند معیار مناسبی جهت تعیین ماندگاری وعده غذای جلبک دریایی فرآوری شده باشد.

با توجه به این که ماکروجلبک‌های دریایی منبع غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع به‌شمار می‌روند و دارای اثرات فیزیولوژیکی متعدد و خواص درمانی بسیار بوده و نقش به‌سزایی در سلامت انسان و سایر آبریان ایفاء می‌نماید، در این تحقیق، ۱۳ ترکیب اسید چرب در پرمیکس حاوی سه گونه ماکروجلبک‌های قهوه‌ای شناسایی شد و نتایج نشان داد که میزان اسیدهای چرب SFA در پرمیکس ۳۹/۱۰ درصد بود که بیشترین میزان را نسبت به اسیدهای چرب MUFA و PUFA در پرمیکس نشان داد. همچنین میزان اسیدهای چرب PUFA در پرمیکس ۳۶/۱۰ درصد بود. میزان MUFA و PUFA در پرمیکس مورد مطالعه نسبت به گزارش Silva و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ماکروجلبک‌های قهوه‌ای *C. tamoriscifolia*، *C. nodicauli*، *C. spongiosus*، *S. scoparium* و *S. vulgare*، *S. polyschides*، *P. pavonica*، *Halopteris filicina*، *Fucus spiralis* و *usneoides* می‌باشد. همچنین میزان SFA، MUFA و PUFA در پرمیکس نسبت به گزارش Tabarsa و همکاران (۲۰۱۲) برای ماکروجلبک‌های قهوه‌ای (*C. sinuosa* و *P. pavonica*، *Dictyota dichotoma*) بالاتر بود. در حالی که میزان PUFA در ماکروجلبک *C. sinuosa* بالاتر و میزان MUFA در ماکروجلبک *P. pavonica* کمتر از پرمیکس بود. می‌توان گفت مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع MUFA و PUFA بسته به فصل، شرایط دمایی، منشاء جغرافیایی و گونه ماکروجلبک می‌تواند متفاوت است. پرمیکس مورد مطالعه از نظر اسیدهای چرب ضروری از جمله میریستیک اسید (۱۴:۰)، پالمیتیک اسید (۱۶:۰)، اولئیک اسید (۱۸:۱) و آراشیدونیک اسید (۲۰:۴) غنی می‌باشند که در میان آن‌ها پالمیتیک اسید و اولئیک اسید دارای بالاترین غلظت می‌باشد Mohmmadi و همکاران (۲۰۱۶) بر روی ماکروجلبک قهوه‌ای *Nizimuddiniazanardina* گزارش کردند که این جلبک از نظر اسیدهای چرب ضروری از جمله میریستیک اسید (۱۴:۰)، پالمیتیک اسید (۱۶:۱)، اولئیک اسید (۱۸:۰) و لینولئیک اسید (۱۸:۲) غنی بود که در بین آن‌ها پالمیتیک اسید و اولئیک اسید بالاترین غلظت را دارا بود. Attaran Fariman و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی بر روی پروفیل اسیدهای چرب ماکروجلبک قهوه‌ای *N.zanardina* نشان دادند که عمده‌ترین اسیدهای چرب به‌ترتیب پالمیتیک اسید، اولئیک اسید، آراشیدونیک اسید، میریستیک اسید و EPA بود. همچنین Akbary و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی بر روی دو گونه ماکروجلبک قهوه‌ای پادینا (*P. australis*) و سارگاسوم *S. marginatum* نشان دادند که رایج‌ترین SFA و MUFA به‌ترتیب اسید پالمیتیک و اسید اولئیک در ماکروجلبک‌های قهوه‌ای پادینا و سارگاسوم مشاهده شد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشتند. Silva و همکاران (۲۰۱۳) با تحقیق بر روی ماکروجلبک‌های قهوه‌ای نشان دادند که در گونه‌های *C. tamoriscifolia*، *F. spiralis*، *H. filicina*، *S. polyschides*، *S. vulgare* و *S. scoparium* (۲۰:۵) EPA از سری اسیدهای چرب امگا۳ بیشترین میزان اسیدهای چرب PUFA را به‌خود اختصاص داد. در حالی که در گونه‌های *C. nodicauli* و *P. pavonica* لینولئیک اسید (۱۸:۲) از سری اسیدهای چرب امگا۶ و در گونه‌های *C. usneoides*، *S. vulgare* و *S. scoparium* DHA (۲۲:۶) از سری اسیدهای چرب امگا۳ بیشترین میزان اسیدهای چرب PUFA و MUFA را نشان دادند می‌توان گفت که پرمیکس ماکروجلبک‌های قهوه‌ای اگرچه مقادیر نسبتاً اندکی چربی دارند ولی منبع خوبی از اسیدهای چرب امگا۳ می‌باشند اسیدهای چرب DHA و EPA به‌دلیل پیشگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی و آلزایمر در انسان در صنعت دارویی و به‌عنوان مکمل غذایی به‌منظور افزایش سلامتی و عملکرد تغذیه‌ای در صنعت آبریان پیشنهاد می‌گردد (Silva et al., 2013). در مطالعه Nasimi و همکاران (۲۰۱۱) بیشترین میزان اسید چرب MUFA در ماکروجلبک‌های قهوه‌ای *C. myrica* و قرمز Laurencia و *snyderiae* را اولئیک اسید گزارش کردند و مجموع درصد اسیدهای چرب SFA بیشتر مجموع اسیدهای چرب MUFA و PUFA در این گونه ماکروجلبک‌ها بود. Schmid و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که میزان EPA در چندین ماکروجلبک قهوه‌ای *Fucus vesiculosus*، *Laminaria digitata*، *Pelvetia canaliculata* و به‌مراتب بالاتر از برخی ماکروجلبک قرمز مانند *Gracilariagracilis* و *Chondrus crispus* بود. بسیاری از محققین بر این باور هستند که نسبت اسیدهای چرب در ماکروجلبک‌های قهوه‌ای، قرمز و سبز با هم متفاوت است و پروفایل اسیدهای چرب می‌تواند نشان‌گر بیوشیمیایی یا کموتاکسونومیک برای طبقه‌بندی ماکروجلبک‌ها محسوب شود (Pereira et al., 2012; Susntoet al., 2016). همچنین Silva و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که جلبک‌های قهوه‌ای حاوی اسیدهای چرب با زنجیره بلند از سری امگا۳ هستند و - Sánchez Machado و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که نسبت ۳-n-۶/n-۳ اسیدهای چربی که معمولاً در رژیم غذایی انسان یافت می‌شود

بایستی کمتر از ۱۰ باشد که با تحقیق حاضر همخوانی داشت. علاوه بر این نسبت اسیدهای چرب امگا ۶ به امگا ۳ در غذاهای مصرف انسانی برای سنتز پروستاگلاندین بسیار مهم است. متخصصان تغذیه و استانداردهای تغذیه‌ای نسبتی بین ۱:۱/۱۵ تا ۱:۲ را بین امگا ۳ و امگا ۶ پیشنهاد می‌کنند (Hamazaki and Okuyama, 2004). درحالی‌که این نسبت در رژیم‌های غذایی کشورهای غربی بین ۱:۱۵ تا ۱:۱۶/۷ می‌باشد (Simopoulos, 2002). Akbary و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند که نسبت  $n-6/n-3$  برای سه گونه ماکروجلبک ۲/۸۳، ۱/۴۰ و ۱/۲۵ به ترتیب در *S. P*، *marginatum. australis* و *pygmaea.A* بود که کمتر از مقادیر تعریف شده بودند که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت. می‌توان گفت که گونه‌های جنوب شرقی ایران به‌طور خاص، چهار گونه جلبک قهوه‌ای مورد بررسی که به‌صورت پرمیکس استفاده شده است به‌عنوان منابع اسیدهای چرب مفید هستند که می‌توان از پرمیکس آن‌ها برای بهره‌برداری بیشتر از اسیدهای چرب و در تغذیه آبزیان استفاده کرد. مقایسه ترکیبات اسیدهای چرب ماکروجلبک‌ها از نقاط مختلف جهان نشان دادند که شرایط زیستگاه ممکن است بر روی خواص اسیدهای چرب آن‌ها تأثیر بگذارد، اما میزان این تفاوت‌ها ظاهراً در بین گونه‌های مختلف متفاوت است علاوه بر این، گونه‌های قهوه‌ای مزیت بیشتری برای استفاده تجاری به دلیل زیست توده بالاتر آن‌ها در بسیاری از اکوسیستم‌های دریایی، آن‌ها را به‌عنوان کاندیدای مواد خام برای تولید سوخت زیستی پایدار در یک تاسیسات آبی‌پروری تبدیل کرده است (Susanto et al., 2016). از مقایسه نتایج مطالعه اخیر و عمده مطالعات مورد بحث می‌توان یافت که همانند گیاهان ساکن خشکی‌ها، محتوای تغذیه‌ای در ماکروجلبک‌ها هم می‌تواند میان گونه‌ها، جنس‌ها، شاخه‌ها، فصل‌ها و نواحی مختلف تا حد زیادی متفاوت باشد (Lopes et al. 2011; Pereira et al. 2013; Silva et al. 2012). کنترل مکانیسم متابولیسم اسیدهای چرب در جلبک‌های دریایی هنوز به‌درستی مشخص نشده است. محتوای لیپید جلبک دریایی به‌طور کلی کمتر از گیاهان خشکی است. با این حال، محتوای PUFA در جلبک دریایی می‌تواند بسیار بیشتر از گیاهان خشکی باشد (حدود ۲۰ تا ۵۰ ماده خشک) (Tabarsaet al., 2012). می‌توان گفت که عوامل مختلفی از جمله اختلافات گونه‌ای، شرایط اکولوژیکی، ویژگی‌های جغرافیایی، شوری آب، دمای آب، موقعیت قرارگیری ماکروجلبک‌ها در ستون آب، شدت تابش نور خورشید، وجود نوترینت‌ها در آب و آلودگی‌های ناشی از آلاینده‌ها می‌تواند بر روی ترکیبات موجود در ماکروجلبک تأثیرگذار باشد (Benoit et al., 2009).

غناي کمی و کیفی پروتئین برخی از گونه‌های شناخته شده جلبک‌های دریایی با برخی منابع پروتئینی گیاهی و حیوانی معمول قابل مقایسه است (Matanjunet al., 2009; Tibbetts et al., 2016). برخی از آن‌ها دارای پروتئین‌های با قابلیت هضم بالاتری نسبت به منابع گیاهی می‌باشند (Černá, 2011). در بین پروتئین‌ها و پپتیدهای آن‌ها، می‌توان ترکیبات زیست‌فعالی را یافت که دارای اثرات درمانی و مفیدی برای انسان است (Fleurence et al., 2012). در این پژوهش، پروتئین پرمیکس ماکروجلبک‌های قهوه‌ای دارای همه اسیدهای آمینه از جمله گلیسین، آرژنین، آلانین و گلوتامیک اسید بود که این میزان اسیدهای آمینه ضروری ماکروجلبک‌ها با میزان نیاز پروتئینی اعلام شده توسط سازمان فائو و بهداشت جهانی قابل مقایسه است (Øverland et al., 2019). همچنین بررسی ترکیب اسیدهای آمینه پرمیکس ماکروجلبک‌ها نشان داد که پروتئین گلوتامیک اسید در پرمیکس ۱ با میزان ۱/۹۸ بیشترین سهم را به‌خود اختصاص داده بودند. گلوتامیک اسید نقش مهمی در حفظ عملکرد صحیح مغز دارد (Černá, 2011). لذا با توجه به خواص سودمند این اسید آمینه و از طرفی میزان قابل قبول آن در پرمیکس ماکروجلبک‌های قهوه‌ای مورد مطالعه در سواحل چابهار، می‌توان از اثرات مفید این پرمیکس بهره جست. کمترین مقدار اسید آمینه را متیونین با میزان ۰/۷۳ را در پرمیکس مورد مطالعه به خود اختصاص دادند. همان‌طور که نتایج نشان دادند میزان اسید آمینه ضروری در پرمیکس مورد بررسی، بیشتر از اسیدهای آمینه غیرضروری بوده است. که با نتایج مطالعات kumar و Kaladharml (۲۰۰۷) که میزان اسید آمینه ضروری را حدود ۴۸/۱ بیشتر از سایر اسیدهای آمینه به دست آوردند مطابقت داشت. Salosso و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که *P. australis* جمع‌آوری شده در آب‌های خلیج کوپانگ (Kupang) حاوی ۱۵ اسید آمینه با بالاترین محتوای اسید آسپارتیک، ۱/۱۶ درصد و اسید گلوتامیک، ۱/۳۲ درصد و کمترین در هیستیدین، ۰/۱۲ درصد و متیونین، ۰/۲۰ درصد بود همچنین در *P. gymnospora* در تامیلدانو (Tamildanu) هند نیز بالاترین اسید آسپارتیک، ۱۲/۷ درصد و اسید گلوتامیک، ۱۳/۹ درصد و کمترین در هیستیدین، ۲/۷ درصد و متیونین، ۱/۵ درصد مشاهده شد می‌توان گفت که تغییرات محتوای پروتئین در ماکروجلبک‌ها می‌تواند

بر روی محتوای اسید آمینه آن تأثیر بگذارد. Ishakani و همکاران (۲۰۱۷)، مجموع اسیدهای آمینه ضروری ۴۴ درصد به دست آوردند. می‌توان گفت که در ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای، قرمز و سبز میزان اسیدهای آمینه غیرضروری مشابه است (Černá, 2011). هر چند در مطالعه آن‌ها اسیدهای آمینه ضروری ترئونین و تریپتوفان مشاهده نگردید. Galland-irmouli و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعه خود بیان داشتند که پروتئین جلبک‌های دریایی به دلیل سهم حدود ۴۰ درصدی اسیدهای آمینه ضروری آن‌ها، از کیفیت بالایی برخوردار هستند. Matanjun و همکاران (۲۰۰۹) میزان اسیدهای آمینه ضروری ماکرو جلبک سارگاسوم (*S. polycystum*) ۶۷ درصد گزارش کرد که تقریباً با میزان آن در سویا (۴۷ درصد) و کازئین (۵۸ درصد) شباهت دارد. Wong و Cheung (۲۰۰۰) گزارش کردند که جلبک‌های دریایی قرمز (*Hypnea japonica* و *H. charoides*) و جلبک‌های دریایی سبز (*U. lactuca*) همه اسیدهای آمینه ضروری به جز تریپتوفان را در خود دارند که این ۴۲ تا ۴۸ درصد کل محتوای اسید آمینه را تشکیل می‌دهد. بنابراین همه جلبک‌های دریایی قرمز و سبز قادرند به میزان کافی در تأمین کل اسیدهای آمینه ضروری با توجه به نظر سازمان غذا و دارو مشارکت کنند (Černá, 2011). می‌توان گفت که این سهم از اسیدهای آمینه ضروری در گونه‌های مختلف ماکرو جلبک‌ها می‌تواند جایگزین مناسب تغذیه‌ای این اسیدهای آمینه و به ویژه وفور آن‌ها در مناطق ساحلی محلی زیست خود، برای مصارف انسانی و نیز حیوانی باشد (Macartain et al., 2007). Machado و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی پروفیل اسیدهای آمینه آزاد و کل و محتوی پروتئین چهار گونه ماکرو جلبک (*Porphyra dioica*, *Porphyra umbilicalis*, *G. vermiculophylla* و *U. rigida*) در سیستم پرورش متراکم آبزیان نشان دادند که محتوی پروتئین در گونه‌های ماکرو جلبک *Porphyra* در مقایسه با گونه‌های ماکرو جلبک مورد آزمایش بیشتر بود. تمام ماکرو جلبک‌های مورد آزمایش از نظر کیفیت پروتئین و پروفیل اسید آمینه‌های ضروری با میزان نیاز پروتئینی اعلام شده توسط سازمان فائو و بهداشت جهانی مطابقت داشتند. ماکرو جلبک‌های قرمز (*Porphyra* و *Gracilaria*) سطح بالایی از اسپارتیک اسید، گلوتامیک اسید و آلانین را نشان دادند و متیونین و تریپتوفان کمترین میزان اسیدهای آمینه در همه گونه‌های ماکرو جلبک مورد آزمایش گزارش شد. علاوه بر این، جلبک سارگاسوم (*S. boveanum*) سواحل بوشهر، حاوی مقادیر متفاوتی از اسیدهای آمینه نیمه ضروری و غیرضروری بود و از میزان بالای نسبت اسیدهای آمینه ضروری به غیرضروری، برخوردار بود و به دلیل غنای اسید آمینه‌های ضروری نیمه ضروری، اسیدهای چرب مناسب و ترکیبات شیمیایی منحصر به فرد خود به عنوان غذای عملگرایی بالقوه و یک بسته غذا-دارویی کامل مطرح شد (Khalifeh et al., 2021).

در پژوهش حاضر، اسید آمینه غیرضروری گلوتامیک اسید مقدار بالایی را در پرمیکس ماکرو جلبک‌ها نشان داد Fleurence و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه خود مجموع اسید آمینه اسپارتیک و گلوتامیک را در ماکرو جلبک‌های قهوه‌ای در دامنه رنجی ۲۲ تا ۴۴ درصد بیان نمود. Alwaleed (۲۰۱۹) میزان آن را ۶/۷۱ درصد و Ishakani و همکاران (۲۰۱۷) ۱۰/۱۸ درصد و kumar و Kaladharnl (۲۰۰۷) مقدار آن را ۱۷/۹۱ درصد به دست آوردند. دلیل اختلاف در میزان اسید آمینه‌ها آن است که جلبک‌ها بسیار تحت تأثیر شرایط محیط زیست قرار می‌گیرند. به طوری که ترکیبات آن‌ها، حتی در یک گونه جلبک در مناطق و فصول مختلف با یکدیگر متفاوت خواهند بود (Devi et al., 2009). می‌توان گفت که پروتئین‌ها و پپتیدهای مشتق شده از جلبک‌های دریایی، طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های زیست فعال دارند که می‌توان از آن‌ها در محصولات دارویی و غذا داروها استفاده کرد (Harnedy and FitzGerald, 2011) و با تجزیه پروتئین‌های جلبک دریایی به کمک روش هیدرولیز، بسیاری از این فعالیت‌ها را توسعه داد.

## نتیجه‌گیری

در پایان، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از مخلوط ماکرو جلبک‌های *Sargassum padina australis* و *Stoechospermum marginatum ilicifolium* به دلیل وجود اسیدهای چرب غیراشباع بلندتجزیره غالب و اسیدهای آمینه ضروری، در تغذیه آبزیان توصیه می‌گردد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری ریاست و پرسنل محترم مرکز تحقیقات شیلات آب‌های دور چابهار و کارشناس محترم آزمایشگاه نمونه آزموی تهران تشکر و قدردانی می‌گردد.

این اثر تحت حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) بر گرفته از طرح شماره ۴۰۰۰۰۰۷ انجام شده است. و غنایت مادی صندوق این طرح (۴۰۰۰۰۰۷) از صندوق حمایت از پژوهشگران صورت گرفت.

Tgis work is based upon research funded Iran National Science Foundation (INSF) under project No. 4000007

## References:

- Ab Lah, R., Smith, J., Savins, D., Dowell, A., Bucher, D. and Benkendorff K., 2017. Investigation of nutritional properties of three species of marine turban snails for human consumption. *Food Science and Nutrients*, 5(1), pp. 14-30. <https://doi.org/10.1002/fsn3.360>
- Akbary, P., Gholamhosseini, A., Ali, M.M., Aminikhoei, Z., Tavabe, K.R. and Kuchaksaraei, B.S., 2020. Growth Yield, Fatty Acid Profile and Antioxidant Status of *Litopenaeus vannamei* Fed *Iyengariastellata* Supplemented Diet. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A: Science*, 45(1), pp. 111-119. <https://doi.org/10.1007/s40995-020-01004-0>
- Akbary, P., Liao, L.M., Aminikhoei, Z., Hobbi, M. and Erfanifar, E., 2021. Sterol and fatty acid profiles of three macroalgal species collected from the Chabahar coasts, southeastern Iran. *Aquaculture International*, 9, pp.155–165. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00616-y>
- Alwaleed, E.A., 2019. Biochemical composition and nutraceutical perspectives red sea Seaweeds. *American Journal of Applied Sciences*, 16(12), pp. 346-354. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2019.346>.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17th Edition, the Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Arumugama, P., Murugan, M.; Kamalakannan, S. and Murugan, K., 2017. Determination of Various Bioactive Potential of *Stoechospermum marginatum* (C. Agardh) Kutzing in vitro. *Journal of Analytical and Pharmaceutical Research*, 5(4), p. 00145. <https://doi.org/10.15406/japlr.2017.05.00145>
- Attaran Fariman, G., Jangizehi Shastan, S. and Zahedi, M. M., 2014. Seasonal variations of total lipids, fatty acid composition, of *Nizimuddiniazanardini* from the seashore of Chabahar. *Journal of Aquatic Ecology*, 3 (4), pp. 20-10. <https://doi.org/20.1001.1.23222751.1393.3.4.2.9> (In Persian)
- Banerjee, K., Mitra, A. and Mondal, K., 2010. Cost-effective and eco-friendly shrimp feed from red seaweed *Catenellarepens* (Gigartinales: Rhodophyta). *Current Biotica*, 8(1) pp. 23-43.
- Benoit, S. C., Kemp, C. J., Elias, C. F., Abplanalp, W., Herman, J. P., Migrenne, S., Lefevre, A. L., Cruciani-Guglielmacci, C., Magnan, C., Yu, F., Niswender, K., Irani, B. G., Holland, W. L. and Clegg, D. J., 2009. Palmitic acid mediates hypothalamic insulin resistance by altering PKC-theta subcellular localization in rodents. *The Journal of Clinical Investigation*, 119(9), pp. 2577–2589. <https://doi.org/10.1172/JCI36714>
- Burtin, P., 2003. Nutritional Value of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2(4), pp.498-503. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00002-8>.
- Černá, M., 2011. Seaweed proteins and amino acids as nutraceuticals. *Advances in Food and Nutrition Research*, 64, pp. 297–312. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00024-7>
- Casas-Valdez, M., Portillo-Clark, G., Aguila-Ramírez, N., Rodríguez-Astudillo S., Sánchez-Rodríguez I. Y. and Carrillo Domínguez, S., 2006. Efecto de la alga marina *Sargassum* spp. sobre las variables productivas y la concentración de colesterol en el camarón café, *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900). *Revista de biología marina y oceanografía*, 41(1), pp. 97-105. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572006000100012>

- Castro-González, M.I., Carrillo-Domínguez, S. and Pérez-Gil, F., 2000. Chemical composition of *Macrocystis pyrifera* (Giant Sargazo) collected in summer and winter and its possible use in animal feeding. *Ciencias Rinas*, 20(1), pp.33-40. <https://doi.org/10.7773/CM.V20I1.955>
- Devi, G.K., Thirumaran, G., Manivannan, K., Karunamoorthy, D. and Anantharaman, P., 2009. Element composition of certain seaweeds from gulf of Mannar marine biosphere reserve; southeast coast of India. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 4(1), pp.46-55.
- Fleurence, J., Morançais, M., Dumay, J., Decottignies, P., Turpin, V., Munier, M., Nuria, G., and Jaouen, P., 2012. What Are the prospects for using seaweed in human nutrition and for marine animals raised through aquaculture?. *Trends in Food Science and Technology*, 27(1), pp. 57-61
- Galland-Irmouli, A. V., Fleurence, J., Lamghari, R., Luçon, M., Rouxel, C., Barbaroux, O., Bronowicki, J. P., Villaume, C.A. and Guéant, J. L., 1999. Nutritional value of proteins from edible seaweed *Palmariapalmata* (dulse). *The Journal of nutritional biochemistry*, 10(6), pp. 353–359. [https://doi.org/10.1016/s0955-2863\(99\)00014-5](https://doi.org/10.1016/s0955-2863(99)00014-5). [https://doi.org/10.1016/s0955-2863\(99\)00014-5](https://doi.org/10.1016/s0955-2863(99)00014-5)
- Hamazaki, T. and Okuyama, H., 2004. The Japan Society for Lipid Nutrition recommends to reduce the intake of linoleic acid. Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio: The Scientific Evidence. *World Review of Nutrition and Dietetics*. Basel, Karger, 92, pp. 109-132. <https://doi.org/10.1159/000073796>.
- Harnedy, P.A. and FitzGerald, R. J., 2011. Bioactive proteins, peptides, and amino acids from macroalgae. *Journal of Phycology*, 47, pp. 218–232. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2011.00969.x>
- Ishakani, A. H., Vadhe, K. H., Kadri, R. M. and Patel, M. R., 2017. Amino acid and fatty acid composition of seaweeds (*Ulva Reticulata* and *Sargassum cinctum*): A novel natural source of nutrition. *Indian Journal of Pure and Applied Biosciences*, 5(5), pp. 1210-1216. : <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.5233>
- Jaswir, I., Novirndri, D., Salleh, H. and Miyashita, K., 2012. Fucoxanthin extractions of brown seaweeds and analysis of their lipid fraction in methanol. *Food Science and Technology Research*, 18, pp. 251-257.
- Kabiri Fard, M., Dashti Zadeh, M., and Kamali, A. A., 2015. Determining the nutritional value of two seaweeds (*Sargassum angustifolium* and *Gracilariacorticata*) of Bushehr province for feeding ruminants. *Livestock Sciences and Techniques*, 4(14), pp. 3-16. <https://doi.org/10.22092/aasrj.2015.103036>. (In Persian).
- Khadijah, K., Soekanto, N. H., Firdaus, F., Chalid, S.M.T. and Syah, Y.M., 2021. Chemical Composition, Phytochemical Constituent, and Toxicity of Methanol Extract of Brown Algae (*Padina* sp.) from Puntondo Coast, Takalar (Indonesia). *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 8 (4), pp.178-85. <https://doi.org/10.18502/jfqhc.8.4.8259>
- Khalifeh, T., Vazirizadeh, A., Mohebbi, G. H., Barmak, A. R. and Darabi, A. H., 2021. Determination of some nutraceutical compounds, amino acids and fatty acids present in the extracts of *Sargassum boveanum* algae obtained from the coastal waters of central Bushehr, Iran. *Iranian South Medicine Journal*, 24 (2), pp.134-159. <https://doi.org/10.52547/ismj.24.2.134> (In Persian)
- Kumar, V. and Kaladharan, P., 2007. Amino acids in the seaweeds as an alternate source of protein for animal feed. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 49(1), pp. 35-40.
- Lindorth, P. and Mopper, K., 1979. High performance liquid chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivatization with ophthalaldehyde. *Analytical Chemistry*, 51(11), pp.1664-1674. <https://doi.org/10.1021/ac50047a019>
- Lopes, G., Sousa, C., Bernardo, J., Andrade, P. B., Valentão, P., Ferreres, F. and Mouga, T., 2011. Sterol profiles in 18 macroalgae of the Portuguese coast. *Journal of Phycology*, 47, pp. 1210-1218
- Macartain, P., Gill, C. I., Brooks, M., Campbell, R. and Rowland, I. R., 2007. Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition reviews*, 65(12), pp. 535–543. <https://doi.org/10.1301/nr.2007.dec.535-543>
- Machado, M., Machado, S., Pimentel, F. B., Freitas, V., Alves, R. C. and Oliveira, M. B. P. P., 2020. Amino Acid Profile and protein quality assessment of macroalgae produced in an integrated multi-trophic aquaculture system. *Foods* (Basel, Switzerland), 9(10), pp.1382-1397. <https://doi.org/10.3390/foods9101382>

- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N. M., and Muhammad, K., 2009. Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Eucheumacottoni*, *Caulerpalentillifera* and *Sargassum polycysum*. *Journal of Applied Phycology* 21, pp. 75–80. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9326-4>.
- Miyashita, K., Mikami, N. and Hosokawa, M., 2013. Chemical and nutritional characteristics of brown seaweed lipids: A review. *Journal of Functional Foods*, 5, pp. 1507–1517. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.019>
- Mohammadi, E., Shabanpourh, B. and Kordjazi, M., 2016. Investigation of functional properties and fatty acid composition of brown macroalgae *Nizimuddiniazanardini*. *Journal of Medicinal Plants Biotechnology*, 2(4), pp. 20-31. (In Persian)
- Nasimi, M., Javaheri Babli, M. and Qutbuddin, N., 2011. Composition of fatty acids of brown macroalgae *Cystoseiramyrica* and red alga *Laurenciasnyderiae* in the tidal areas of the shores of Bushehr city. *Journal of Aquaculture and Fisheries*, 3 (11), pp. 41-50. (In Persian)
- Nazari, S., Nazarnezhad, N.J. and Ebrahimzadeh, M.A., 2013. Evaluation of antioxidant properties and total phenolic and flavonoids content of *Eucalyptus camaldulensis* and *Pinussylvestris* bark. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28, pp. 522-533. <https://doi.org/10.22092/ijwpr.2013.3460>
- Nelson, M. M., Phleger, C.F. and Nichols, P. D., 2002. Seasonal lipid composition in macroalgae of the northeastern pacific ocean. *Botanic Marine*, 45(1), pp. 58-65. <https://doi.org/10.1515/BOT.2002.007>
- Nomura, M., Kamogawa, H., Susanto, E., Kawagoe, C., Yasui, H., Saga, N., Hosokawa, M. and Miyashita, K., 2013. Seasonal variations of total lipids, fatty acid composition, and fucoxanthin contents of *Sargassum horneri* (Turner) and *Cystoseira hakodatensis* (Yendo) from the northern seashore of Japan. *Journal of Applied Phycology*, 25(4), pp. 1159-69. <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9934-x>
- Pal, D., Khozin-Goldberg, I., Didi-Cohen, S., Solvehenko, A., Batushansky, A., Kaye, Y., Sikron, N., Samani, T., Fait, A. and Boussiba, S., 2013. Growth, lipid production and metabolic adjustments in the euryhaline eustigmatophyte *Nannochloris oceanica* CCALA804 in response to osmotic down shift. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(18), pp. 8291-306. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5092-6>
- Pereira, H., Barreira, L., Figueiredo, F., Custódio, L., Vizetto-Duarte, C., Polo, C., Eva Rešek, K., Engelen, A. and Varela, J., 2012. Polyunsaturated fatty acids of marine macroalgae: potential for nutritional and pharmaceutical applications. *Marine Drugs*, 10, pp. 1920-1935. <https://doi.org/10.3390/md10091920>
- Perumal, B., Chitra, R., Maruthupandian, A. and Viji, M., 2019. Nutritional assessment and bioactive potential of *Sargassum polycystum* C. Agardh (Brown Seaweed). *Indian Journal of Geo-Marine Sciences: IJMS*, 48(4), pp. 492-498.
- Øverland, M., Mydland, L.T. and Skrede, A., 2019. Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. *Journal of Science Food Agriculture*, 99(1), pp. 13-24. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9143>.
- Rajapakse, N. and Kim, S. K., 2011. Nutritional and digestive health benefits of seaweed. *Advances in Food and Nutrition Research*, 64, pp. 17-28. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00002-8>.
- Ratana-Arporn, P. and Chirapart, A., 2006. Nutritional evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpalentillifera* and *Ulva reticulata*. *Kasetsart Journal: Natural Science*, 40(6), pp. 75-83.
- Rohani-Ghadikolaei, K., Abdulalian, E. and Ng, W.K., 2012. Evaluation of the proximate, fatty acid and mineral composition of representative green, brown and red seaweeds from the Persian Gulf of Iran as potential food and feed resources. *Journal of Food Science and Technology*, 49(6), pp. 774-80. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0220-0>
- Salosso, Y., Aisiah, S., LumbanToruan, L.N. and Pasaribu, W., 2020. Nutrient Content, Active Compound and Antibacterial Activity of *Padina australis* against *Aeromonas hydrophila*. *Pharmacognosy Journal*, 12(4), pp. 771-76. <https://doi.org/10.5530/pj.2020.12.110>

- Sánchez-Machado, D.I., López-Cervantes, J., López-Hernández, J. and Paseiro-Losada, P., 2004. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chemistry*, 85(3), pp.439–444. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.001>
- Santos, S., Félix, R., Pais, A., Rocha, S.M. and Silvestre, A., 2019. The quest for phenolic compounds from macroalgae: A review of extraction and identification methodologies. *Biomolecules*, 9(12), pp. 847-853. <https://doi.org/10.3390/biom9120847>
- Santoso, J., Fitriani, D. and Wardiatno. Y., 2010. Phenol content and antioxidant activity of benthic macroalga *Caulerpa racemosa* (Forsskal) from Hurun Bay. *Lampung Biota*, 15(3), pp.369-378.
- Sarjana, I., Indonesia, O., Departemen, D., 2014. Chemical composition and antioxidant activity of tropical brown algae *Padina australis* from Pramuka Island, district of Seribu Island, Indonesia. *Journal of Ilmudan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(2), pp.287-97. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v5i2.7558>
- Schmid, M., Guihéneuf, F. and Stengel, D., 2014. Fatty acid contents and profiles of 16 macroalgae collected from the Irish Coast at two seasons. *Journal of Applied Phycology*, 26, pp. 451–453. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0132-2>
- Silva, G., Pereira, R.B., Valentão, P., Andrade, P.B. and Sousa, C., 2013. Distinct fatty acid profile of ten brown macroalgae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(4), pp. 608-613. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2013005000048>
- Simopoulos, A.P., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 56(8), pp. 365-379. [https://doi.org/10.1016/s0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/s0753-3322(02)00253-6)
- Susanto, E., Fahmi, A. S., Abe, M., Hosokawa, M. and Miyashita, K., 2016. Lipids, fatty acids, and fucoxanthin content from temperate and tropical brown seaweeds. *Aquatic Procedia*, 7, pp. 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.07.009>
- Tabarsa, M., Rezaei, M.; Ramezani, Z. and Waaland, J. R., 2012. Chemical compositions of the marine algae *Gracilaria salicornia* (Rhodophyta) and *Ulva lactuca* (Chlorophyta) as a potential food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(12), pp. 2500-2506. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5659>
- Tibbetts, S. M., Milley, J. E. and Lall, S. P., 2016. Nutritional quality of some wild and cultivated seaweeds: nutrient composition, total phenolic content and in vitro digestibility. *Journal of Applied Phycology*, 28(6), pp. 3575-85 <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0863-y>
- USDA., 2010. Composition of foods raw, processed, prepared. USDA national nutrient database for standard reference. release 23. U.S. Department of Agriculture, Beltsville
- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E., Smith, A. G., Camire, M. E. and Brawley, S. H., 2017. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29(2), pp. 949–982. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>
- Wong, K.H. and Cheung, P.C.K., 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part I-proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry*, 71(4), pp. 475-482. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00175-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00175-8)