13(4) 319-328, Winter 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Amino acids Profile of Quebec fed with Spirulina platensis algae enriched with iron and zinc during bioabsorption process

Mohammad Hashem Entezari [1], Mozhgan Emtyazjoo [*2], Eghbal Khajeh Rahimi [3]

[1] *Department of Food Science and Industry, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[2] *Department of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[3] *Department of Basic and Health Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*

Key Words
Spirulina platensis
Biosorption
Quebec
Amino acid profile

Abstract

Introduction: This study was performed to investigate the use of *Spirulina platensis* enriched with iron and zinc during the process of biosorption and its raw sample in the Quebec diet on the amino acid profile and the amount of these two elements in the Quebec muscle.

Materials & Methods: 96 Quebec specimens are classified into eight groups. Treatments containing 0%, 1% and 4% are the result of enriched, raw and control algae that in each treatment triplicate with 12 birds were applied. To perform the experiment, 2 birds were randomly selected from each treatment and beheading and filling were performed without water. Other indicators of meat and zinc, meat pH, moisture content, meat protein, histometry, colorimetry, Quebec amino acid profile have been studied and measured.

Result: The results showed that the amount of iron and zinc in different treatments were significantly different ($P<0.05$). The highest amount of iron and zinc was measured in the treatment fed with enriched algae. The amino acids glutamic acid, glycine, serine, lysine, isoleucine and leucine were the highest. There was no significant difference in meat hardness in quail fed with spirulina algae enriched with iron and zinc in 1 and 4% diets.

Conclusion: In general, the addition of essential elements of iron and zinc through the process of biosorption of algae in the diet of partridges had beneficial effects on increasing the quality factors of their meat.

* Corresponding Author's email: moz_emtyazjoo@yahoo.com; m_emtyazjoo@iau-tnb.ac.ir
Received: 3 December 2020; Reviewed: 8 January 2021; Revised: 16 March 2021; Accepted: 18 April 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.272740.2463

مقاله پژوهشی

پروفایل اسیدهای آمینه کبک تغذیه شده با جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* غنی شده با آهن و روی طی فرایند جذب زیستی

محمدهاشم انتظاری[۱]، مژگان امتیازجو[۲*]، اقبال خواجه‌رحیمی[۳]*

[۱] گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲] گروه علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۳] گروه علوم پایه و بهداشت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

کلمات کلیدی

اسپیرولینا پلاتنسیس
جذب زیستی
پروفایل اسیدهای آمینه
کبک

چکیده

مقدمه: هدف این تحقیق بررسی اثر استفاده از اسپیرولینا پلاتنسیس غنی شده با آهن و روی طی فرایند جذب زیستی و نمونه خام آن در رژیم غذایی کبک بر پروفایل اسیدهای آمینه و میزان این دو عنصر در عضله کبک می‌باشد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۹٦ نمونه کبک در ۸ تیمار دسته‌بندی و با ۰٪ و ۱٪ و ٤٪ درصد جلبک غنی شده، خام و شاهد تغذیه شدند. پس از سر زنی و پر کنی شاخص‌های‌میزان آهن و روی، پروفایل اسیدهای‌آمینه، pH، درصد رطوبت، پروتئین، بافت‌سنجی، رنگ‌سنجی عضله سنجش شد.

نتایج: نتایج نشان داد که مقدار آهن و روی در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار داشتند ($P<۰/۰۵$). در تیمار تغذیه شده با جلبک غنی‌شده بیش‌ترین میزان آهن و روی اندازه‌گیری شد. اسیدهای آمینه گلوتامیک اسید، گلیسین، سرین، لیزین، ایزولوسین و لوسین بیش‌ترین مقدار را داشتند. میزان سختی گوشت در کبک‌های تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی شده با آهن و روی در جیره غذایی ۱ و ٤ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند.

نتیجه‌گیری و بحث: به‌طورکلی افزودن عناصر ضروری آهن و روی از طریق فرایند جذب زیستی جلبک در جیره کبک‌ها اثرات مفیدی در افزایش فاکتورهای کیفی گوشت آن‌ها داشت.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: moz_emtyazjoo@yahoo.com; m_emtyazjoo@iau-tnb.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳ آذر ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱۹ دی ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۲٦ اسفند ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲۹ فروردین ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.272740.2463

مقدمه

یکی از مهم‌ترین منابع غذایی ارزشمند که سرشار از مواد مغذی و عناصر ضروری برای بدن انسان و حیوانات می‌باشد، ریزجلبک‌ها هستند که در پیکره‌های وسیعی از آب‌های شیرین و شور زیست می‌کنند (۱، ۲). در سال‌های اخیر استفاده از انواع گونه‌های ریز جلبک‌ها در صنایع غذایی انسان و دام و طیور و آبزیان توسعه یافته است به‌نحوی‌که صنایع مذکور تحقیقات و سرمایه‌گذاری گسترده‌ای را در این زمینه انجام داده‌اند (۳). از نظر تاریخی سوابق استفاده از ریزجلبک‌ها برای اولین‌بار مربوط به مرکز تحقیقات اقیانوسی استرالیا می‌شود که گونه‌های مختلف جلبک‌های دریایی مورد آنالیز و بررسی قرار گرفتند تا در صنعت پرورش لارو آبزیان به‌کار رود (۴). هم‌چنین اولین فعالیت‌های مربوط به بررسی ارزش غذایی ریزجلبک‌ها توسط Dubois و همکاران انجام گردید که با استفاده از روش‌های کالریمتریک مقادیر ترکیبات قندی، پروتئین‌ها و عناصر مرتبط را سنجش کردند (۵). بر این اساس روز به روز بر مزایا و کاربردهای ریزجلبک‌ها در صنایع مختلف غذایی، دارویی، رنگ‌های خوراکی، جیره‌ها و محیط زیست اضافه گردید (۵، ۶). در اکثر مطالعات به اهمیت ارزش غذایی ریزجلبک‌ها از نظر دارا بودن ویتامین‌ها، مواد معدنی، آنتی‌اکسیدان‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها، روغن‌ها، پروتئین‌ها و رنگدانه‌ها اشاره شده است (۷). ریزجلبک‌ها منبع بسیار غنی از انواع پروتئین‌ها هستند به‌نحوی‌که ساختار اسیدهای آمینه در گونه‌های مختلف و محیط‌های مختلف آب‌شیرین و شور متفاوت هست (۸). مطالعات متعددی به‌منظور سنجش مقدار و کیفیت اسیدهای چرب در ساختار جلبک‌ها انجام شده است، با این‌حال اطلاعات در خصوص تعیین پروفایل اسیدهای آمینه جلبک‌های آب‌شور و شیرین به‌مراتب کم‌تر می‌باشد (۹). طی سال‌های اخیر استفاده از فرایندهای مختلف غنی‌سازی جلبک‌ها در علوم و صنایع غذایی بسیار توسعه یافته است. مهم‌ترین کاربرد غنی‌سازی استفاده از عناصر و مواد کمیاب و نادر در بدن موجودات است که با انجام فرایندهایی ازجمله جذب زیستی، موجود ناقل با در معرض قرارگیری ترکیبات مورد نظر و جذب آن‌ها وارد بدن موجود هدف می‌شود (۱۰). بسیاری از عناصر کمیاب و کم مصرف در طبیعت و جیره غذایی موجودات یافت نمی‌گردند که با انجام فرایند در معرض‌گذاری میکروجلبک‌ها اقدام به جذب و ذخیره این ترکیبات کرده و در نهایت در ارگان‌های بدن جلبک‌ها تا زمان مصرف تجمع می‌یابند (۱۱). در این بین آهن و روی به‌عنوان دو عنصر حیاتی در جیره غذایی موجودات زنده نقش مهمی را در انجام فعالیت‌های سلولی، سوخت و ساز و متابولیسم ایفا می‌کنند (۱۲). در طی یک مطالعه اثرات عناصر ریزمغذی مس، آهن و روی روی رشد و محتوای رنگدانه‌ای جلبک اسپیرولینا *Spirulina platensis* موردبررسی قرار گرفت و مشخص گردید عناصر مذکور نقش به‌سزایی در افزایش نرخ رشد و تعداد رنگریزه‌های این میکروجلبک داشته است (۱۳). هم‌چنین در مطالعه دیگری جلبک اسپیرولینا به‌عنوان منبع آهن برای درمان کم‌خونی ناشی از فقر آهن در موش مورد استفاده قرار گرفت که توانست به شکل معنی‌داری بیماری کم خونی را درمان کند (۱۴). استفاده از میکروجلبک‌ها جهت درمان بسیاری از کمبودهای عناصر غذایی و درمان بیماری‌ها از طریق افزایش قدرت سیستم ایمنی در صنایع غذایی بسیار رواج یافته است. به‌همین منظور اثرات ایمنی‌زایی جلبک اسپیرولینا روی گونه ماهی پرورشی *Pelteobagrus fulvidraco* موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که گونه جلبکی مذکور باعث افزایش سطح بیان ژن‌های دخیل در ایمنی‌زایی این گونه ماهی شده است (۱۵، ۱۶). Riccio و همکاران، در یک تحقیق خواص تحریک‌کنندگی سیستم ایمنی توسط میکروجلبک‌ها را موردارزیابی قرار دادند که نتایج نشان داد ترکیبات زیست فعال استخراج شده از جلبک‌های سبز آبی نقش بسیار مهمی در تحریک‌کنندگی سلول‌های موثر در ایمنی‌زایی دارند (۱۷). از نظر محتوای ارزشمند، جلبک‌ها حاوی اسیدهای آمینه با ارزشی می‌باشند و تاکنون در مطالعات متعددی ساختار پروتئینی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است (۱۸). اسپیرولینا پلاتنسیس *Spirulina platensis* ازجمله مهم‌ترین گونه‌های جبلک می‌باشد که طی سال‌های اخیر توجه بسیاری از محققان را در حوزه امور تغذیه دام و آبزیان به خود جلب نموده‌است. کبک‌ها ازجمله گونه‌های وحشی هستند که طی سال‌های اخیر با انجام فرایند اهلی‌سازی اقدام به استفاده از آن‌ها در مزارع پرورش کبک زمینه تولید منبع غنی و با ارزشی از مواد پروتئینی سودمند فراهم گشته‌است. با توجه به اهمیت توجه به تغذیه دام‌های پرورشی که همواره به‌عنوان منبع مناسبی جهت تامین نیازهای پروتئینی انسان بوده‌اند و هم‌چنین نظر به این‌که تاکنون مطالعات بسیار کمی در خصوص غنی‌سازی جیره غذایی کبک شده است لذا مطالعه حاضر با هدف غنی‌سازی میکروجلبک اسپیرولینا با عناصر آهن و روی طی فرایند جذب زیستی و بررسی اثرات آن روی پروفایل اسیدهای آمینه در کبک انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پرورشی کبک باجلوند انجام شد.

تعداد پرندگان و تیمارهای آزمایشی: ۹۶ نمونه کبک در ۸ تیمار دسته‌بندی شدند. تیمارهای حاوی ۰٪ و ۱٪ و ۴٪ درصد جلبک غنی‌شده و خام و شاهد که در هر تیمار ۳ تکرار به همراه ۱۲ پرنده موجود بود. دان مصرفی از زمان شروع تا پایان دوره بلوغ ۴۵ روزگی، روزانه ۲۲ الی ۳۲ گرم بود که جلبک با توجه به درصد تعیین شده به دان اضافه گردید. دروه یک ماهه اول روزانه ۲۲ گرم جیره غذایی و دوره یک ماهه دوم روزانه ۳۲ گرم جیره غذایی بود. پرنده‌ها در دمای ۳۷ درجه نگه‌داری شدند و میزان آب به‌طور یکسان در اختیار تمام گروه‌ها بود. جهت انجام آزمایش از هر تیمار ۲ پرنده به‌طور تصادفی انتخاب شد و سرزنی و پرکنی بدون حضور آب انجام گردید. گوشت عضله درون پک‌های بهداشتی درحضور اتانول و ظروف استریل در داخل کلمن به‌همراه یخ قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل شد.

غنی‌سازی جلبک اسپیرولینا: پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس خام از شرکت ارین گستر خریداری شد و تا روز انجام آزمایشات مربوطه در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگه‌داری شد. دو روش جهت غنی‌سازی جلبک اسپیرولینا با عناصر آهن و روی مورد بررسی قرار گرفت. سپس میزان جذب آهن و روی در هر دو نوع جلبک خام و غنی شده مورد ارزیابی قرار گرفت. در روش اول بعد از گذشت ۷ روز از کشت جلبک، املاح تعیین شده (جدول ۱) حدود ۵ ساعت قبل از برداشت به جلبک اسپیرولینا اضافه شدند و جلبک بعد از گذشت ۵ ساعت به‌صورت غنی‌شده برداشته شد و در ادامه طی فرایند خاص خشک و پودر شد. در روش دوم نیز جلبک کشت داده شده بعد از این‌که برای اولین بار وارد فاز لگاریتمی شد املاح فوق به محیط کشت اضافه شدند و بعد از گذشت ۷ روز جلبک غنی شده جهت فرآیند آسیاب و پودر کردن آماده شدند.

جدول ۱: املاح استفاده شده در فرایند غنی‌سازی جلبک‌های اسپیرولینا

ردیف	نوع املاح	مقدار (میلی گرم بر لیتر)
۱	EDTA-FeNa2 3H2O	۱۳
۲	Ferric citrate	۰/۰۳۹۶
۳	ZnSo4 7H2O	۰/۵۹۹۴
۴	CuSo4 5H2O	۰/۱۹۹۸

سنجش میزان آهن و روی: این قسمت مطابق روش Yap و همکاران انجام شد (۱۹). جهت انجام این آزمون ابتدا هر کدام از جلبک‌های غنی‌شده به‌طور جداگانه هضم و آماده‌سازی شدند. به این صورت که ۱ گرم از نمونه به‌همراه ۷ میلی‌لیتر اسیدنیتریک و ۱ میلی‌لیتر آب اکسیژنه در مایکروویو طی ۲ مرحله ۱۰ دقیقه‌ای با دمای ۲۰۰ درجه و توان ۸۰۰ W هضم گردید. سپس نمونه‌های هضم شده به دستگاه ICP تزریق شدند. برای اطمینان از صحت کار، نمونه شاهد نیز به دستگاه تزریق شد. در نهایت عناصر و فلزات سنگین با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$M\left(\frac{\mu g}{g}\right)=\frac{(C\times V)}{w}$$ (رابطه ۱)

غلظت نهایی عناصر و فلزات بر حسب میکروگرم بر گرم C، غلظت به‌دست آمده از دستگاه V، حجم نهایی بر حسب لیتر (0/025 l) W وزن نمونه اولیه برای هضم اسیدی.

آماده‌سازی و هضم نمونه‌ها جهت سنجش میزان آهن و روی: بافت نمونه به‌مدت ۲۴ ساعت در Frezer Drier قرار داده شد تا کاملاً خشک گردیدند و تا زمان هضم شیمیایی نمونه‌ها در ظرف پلی اتیلنی در بسته نگه‌داری شدند . برای هضم شیمیایی نمونه‌ها از ترکیب اسیدنیتریک و اسیدپرکلریک استفاده شد. برای این کار ابتدا مقدار ۱ گرم از پودر آماده شده هر نمونه توزین و داخل یک لوله پلی اتیلنی قرار داده شد و به‌میزان ۸ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۶۵٪ به آن اضافه گردیدو به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق نگه‌داری شد. سپس ۲ میلی‌لیتر اسیدپرکلریک به نمونه‌ها اضافه شدو لوله‌های پلی‌اتیلنی به‌مدت ۱ ساعت بر دستگاه هضم‌کننده با درجه ۸۰ درجه سانتی‌گراد و ۳ ساعت دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا عمل هضم انجام پذیرد (۱۹). پس از اتمام مراحل هضم، محلول با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ و قیف پلی‌اتیلنی در بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری صاف گردید و نهایتاً با استفاده از آب دیونیز حجم محلول به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه برای اندازه‌گیری مقدار عناصر آهن و روی از دستگاه جذب اتمی شیمادوز ساخت کشور ژاپن استفاده گردید. در نهایت غلظت عناصر مورد نظر با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

تعیین pH: اندازه‌گیری pH طبق روش استاندارد بین‌المللی AACC 25-20 صورت گرفت. بر این اساس مقدار ۵ گرم از گوشت عضله سینه کبک جدا شد و درون بشر ۱۰۰ قرار داده شد و ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و به‌مدت ۳ دقیقه توسط دستگاه هموژنایزر با سرعت 12000 دور در دقیقه هموژن شد و به‌وسیله pH متر دیجیتالی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

تعیین محتوی رطوبت: تعیین رطوبت منطبق بر استاندارد ملی ایران به‌شماره ۷۴۵ بود، استفاده شد. بدین‌صورت‌که در ابتدا پلیت‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه درون آون قرار گرفتند و سپس درون دسیکاتور گذاشته شدند و در انتها وزن آن‌ها اندازه‌گیری گردید. نمونه‌ها از عضله سینه کبک جدا و توزین شدو نمونه برای مدت ۶ ساعت درون آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس نمونه‌ها برای بار دوم توزین شدند. این کار در ۳ مرحله تکرار شد تا نمونه‌ها به وزن ثابت رسیدند. سپس با استفاده از رابطه ۲ مقدار رطوبت مورد محاسبه قرار گرفت. مقدار دما و مقدار زمان سازمان ملی استاندارد ایران تعیین شد. در این رابطه W1 و W2 و W3 به‌ترتیب نشان‌دهنده وزن نمونه و پلیت قبل آون، وزن نمونه و پلیت بعد آون و وزن پلیت می‌باشد.

$$MC=\frac{W1-W2}{W1-W3}\times 100$$ (رابطه ۲)

تعیین اسیدآمینه گوشت کبک: تعیین اسیدآمینه گوشت کبک طبق مراحل زیر انجام گردید: ابتدا از نمونه گوشت عضله کبک مقدار ۰/۴-۰/۲ گرم وزن شد و با ۱۰ سی‌سی اسیدکلریدریک ۰/۶ مولار به‌خوبی هموژن گردید. سپس نمونه درون آون با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. در ادامه بعد از اتمام زمان انکوباسیون (هیدرولیز اسیدی نمونه) نمونه در دمای محیط سرد و سپس صاف شد. در مرحله بعد ۴۰ میکرولیتر از محلول صاف شده با گاز ازت خشک شد و سپس با ۱۰۰ میکرولیتر از بافر (که شامل سدیم استات، استات مس و هگزان سولفات) مخلوط شد و پس از سانتریفیوژ میزان ۲۰ میکرولیتر به دستگاه HPLC تزریق گردید. در انتها برای سنجش پروفایل اسیدهای آمینه از روش ایزوکراتیک و با یک نوع حلال با سرعت ۰/۷ میلی‌متر در دقیقه استفاده شد.

تعیین پروتیین کل به‌روش کجلدال: اندازه‌گیری پروتیین خام در دستگاه کلدال با سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون صورت گرفت.

سنجش رنگ گوشت: مطابق روش Genchev و همکاران، انجام شد (۲۰). این روش براساس شاخص *L، *b و *a می‌باشد که به‌ترتیب نشان‌دهنده شفافیت، زردی در نمونه گوشت و قرمزی در نمونه گوشت می‌باشند. نمونه‌ها در ابعاد ۱×۱×۱ از عضله سینه کبک برش داده شد و در مقابل دستگاه قرار گرفت و میزان شاخص‌های *L، *b و *a توسط دستگاه خوانده شد.

بافت‌سنجی گوشت خام: جهت انجام بافت‌سنجی به‌روش TPA، ابتدا باید نمونه‌های گوشت آماده شود، بدین‌ترتیب که نخست نمونه‌ای از گوشت عضله سینه کبک در ابعاد ۱×۱ برش داده شد. سپس داخل دستگاه قرار گرفت (ابعاد در این روش از اهمیت زیادی برخوردارند، لذا باید برای برش از کولیس آزمایشگاهی استفاده کرد). سرعت دستگاه به‌ترتیب ۳ و۱ و۳ میلی‌متر بر ثانیه تعیین و پروپ مورد استفاده کروی انتخاب شد. برای انجام آزمایش، نمونه گوشت در محل مورد نظر قرار گرفت (محل نمونه برای نگه‌داشتن نمونه و اعمال نیرو بر نمونه استفاده می‌شود. این قسمت شامل دو بخش بوده که بخش پایینی ثابت و متصل به بدنه دستگاه است و بخش بالایی متحرک و به بازوی متحرک دستگاه وصل است). سپس با سرعت تعیین شده به نمونه فشار وارد کرده و این فشار در دستگاه سامانه ثبت و اندازه‌گیری نیرو (تغییرات کامل نیرو در طول مدت آزمون به‌کمک رایانه به‌صورت نمودارهای نیرو-زمان، نیرو-تغییر شکل و تنش-کرنش به آسانی تهیه و روی صفحه نمایشگر نمایش می‌دهد) ثبت شد و با استفاده از نمودار ثبت شده، ویژگی سختی مورد تفسیر و بررسی قرار گرفت.

آنالیزهای آماری: ابتدا قبل از انجام آزمون‌های آماری داده‌ها از لحاظ نرمال بودن با آزمون شاپیروویلک مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج این آزمون نشان داد که در تمام پارامترهای مورد بررسی داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند ($p<۰/۰۵$). سپس داده با استفاده از آزمون‌های آماری پارامتریک مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند. از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه به‌منظور مقایسه میزان آهن گوشت کبک در تیمارهای مختلف تغذیه شده کبک با جلبک اسپیرولینا خام (بدون غنی‌سازی با آهن و روی) به‌میزان ۴ و ۱ درصد در جیره غذایی و جلبک اسپیرولینا غنی‌شده (با غنی‌سازی با آهن و روی) به‌میزان ۴ و ۱ درصد در جیره غذایی و هم‌چنین نمونه شاهد که بدون تغذیه کپک با جلبک بوده است انجام شد.

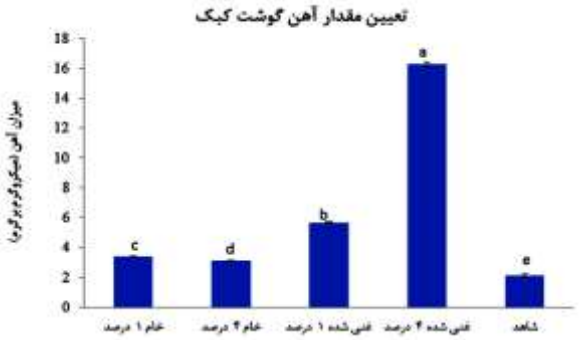
نتایج

میزان آهن در گوشت کبک: نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که میزان آهن در تیمارهای مختلف با یکدیگر و با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دارد ($p<۰/۰۵$). شکل ۱ نتایج مقایسه میانگین‌های دانکن نشان می‌دهد میزان آهن در تمام تیمارها با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دارد، هم‌چنین تیمارهای مختلف نیز با یکدیگر در میزان آهن اختلاف معنی‌دار نشان دادند. بیش‌ترین میزان آهن در نمونه گوشت کبک‌های تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی‌شده با میزان ۴ درصد در جیره غذایی می‌باشد و کم‌ترین مقدار در نمونه گوشت کبک‌های تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا خام با میزان ۴ درصد در جیره غذایی اندازه‌گیری شد. هم‌چنین همان‌طور که نتایج آزمون دانکن در شکل ۱ نشان می‌دهد میزان آهن در نمونه گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی‌شده با آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی بیش‌تر از میزان آهن نمونه شاهد اندازه‌گیری شده بود، این مهم در نمونه عضله کبک‌هایی که با اسپیرولینای خام در همان درصدها تغذیه شده بودند نیز مشاهده گردید.

میزان روی در گوشت کبک: نتایج مقایسه میانگین‌های دانکن در شکل ۲ نشان می‌دهد میزان روی در تیمارهای نمونه گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی‌شده با آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره‌غذایی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دارد ($p<۰/۰۵$) ولی میزان روی در تیمارهای نمونه‌گوشت کبک تغذیه‌شده با جلبک اسپیرولینا خام بدون غنی‌سازی با آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی با نمونه‌شاهد اختلاف معنی‌دار نشان‌نداد ($p>۰/۰۵$). بیش‌ترین میزان روی در نمونه گوشت کبک‌های تغذیه‌شده با جلبک‌اسپیرولینا غنی‌شده با میزان ۱ درصد در جیره غذایی به‌دست آمد. هم‌چنین براساس نتایج آزمون دانکن در شکل ۲، میزان روی در نمونه گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی‌شده با آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی بیش‌تر از میزان روی نمونه‌های شاهد و کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا خام بدون آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی اندازه‌گیری شد.

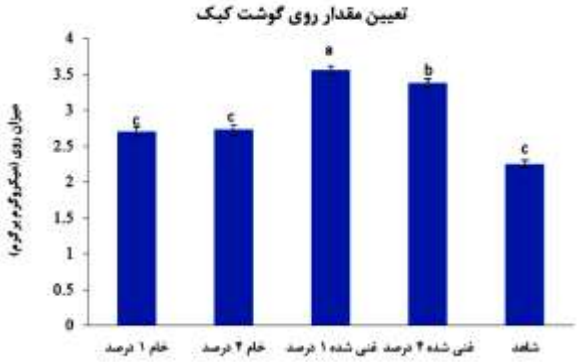
تعیین pH گوشت کبک: نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه جهت مقایسه میزان pH در نمونه گوشت کبک در شکل ۳ آورده شده است بر اساس نتایج میزان pH در تیمارهای مختلف با یکدیگر و با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دارد ($p<۰/۰۵$). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌های دانکن در شکل ۳ نشان می‌دهد میزان pH در تیمارهای نمونه گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی شده با آهن و روی و در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی و گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا خام بدون غنی‌سازی با آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دارند ($p<۰/۰۵$) علاوه بر این میزان pH در نمونه گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی شده با آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی بیش‌تر از میزان pH نمونه‌های شاهد و کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا خام بدون‌آهن و روی در ۴ و ۱ درصدجیره غذایی اندازه‌گیری شد ($p<۰/۰۵$).

درصد رطوبت گوشت: نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه جهت مقایسه میزان درصد رطوبت در نمونه گوشت کبک در شکل ۴ آورده‌شده است. براساس‌نتایج در میزان‌درصدرطوبت‌در تیمارهای مختلف با یکدیگر و با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).



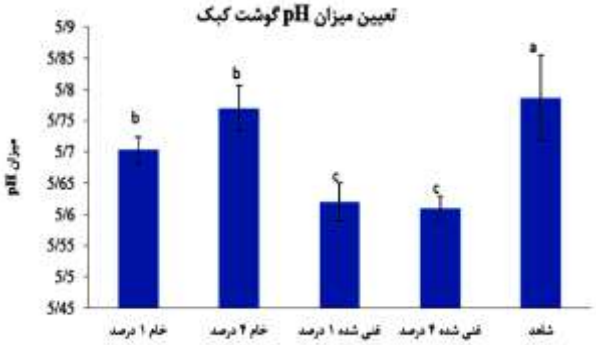
شکل ۱: نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن جهت مقایسه میزان آهن در گوشت کبک در تیمارهای مختلف

(حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار، حروف متضاد دارای اختلاف معنی‌دار)



شکل ۲: نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن جهت مقایسه میزان روی در گوشت کبک در تیمارهای مختلف

(حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار، حروف متضاد دارای اختلاف معنی‌دار)

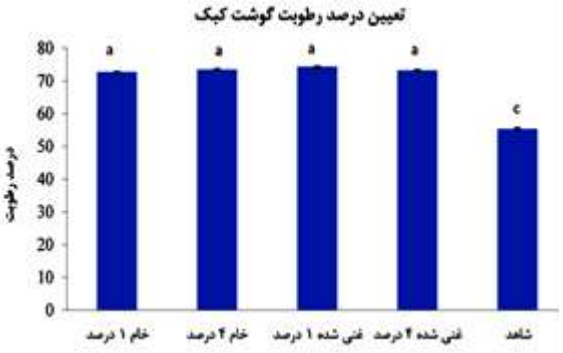


شکل ۳: نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن جهت مقایسه میزان pH در گوشت کبک در تیمارهای مختلف

(حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار، حروف متضاد دارای اختلاف معنی‌دار)

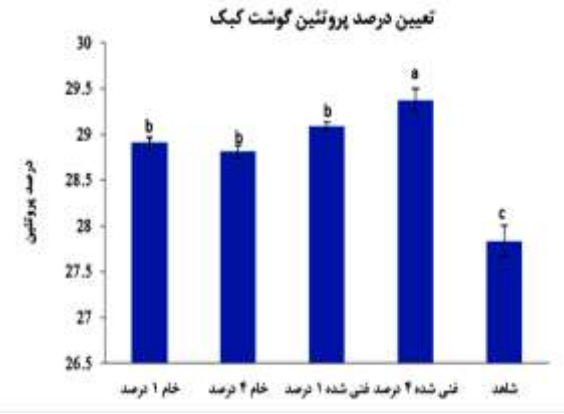
علاوه بر این، نتایج مقایسه میانگین‌های دانکن در شکل ۴ نشان می‌دهد میزان درصد رطوبت در تیمارهای نمونه گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی‌شده با آهن و روی و در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی و گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا خام بدون غنی‌سازی با آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دارند ($p<0/05$) علاوه بر این میزان درصد رطوبت در نمونه گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی شده با آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی و کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا خام بدون آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی بیش‌تر از میزان رطوبت نمونه‌های شاهد اندازه‌گیری شد اما اختلاف معنی‌داری بین گروه های غنی شده با روی و آهن و تیمار خام مشاهده نشد ($p>0/05$).

میزان پروتئین گوشت: نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه جهت مقایسه میزان درصد پروتیئن در نمونه گوشت کبک در شکل ۵ نشان شده است. براساس نتایج میزان‌درصد پروتیئن در تیمارهای مختلف با یکدیگر و با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند ($p<0/05$). در شکل ۵ نتایج مقایسه میانگین‌های دانکن نشان می‌دهد میزان پروتئین در تمام تیمارهای گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا خام و غنی‌شده با آهن و روی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دارد. هم‌چنین تیمارهای مختلف نیز با یکدیگر در میزان پروتئین اختلاف معنی‌دار نشان دادند. بیش‌ترین میزان پروتئین در نمونه گوشت کبک‌های تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی‌شده با میزان ۴ درصد در جیره غذایی می‌باشد و کم‌ترین مقدار در نمونه گوشت کبک‌های شاهد اندازه‌گیری شد. هم‌چنین همان‌طورکه نتایج آزمون دانکن در شکل ۵ نشان می‌دهد میزان پروتئین در نمونه گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی شده با آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره‌غذایی و نمونه گوشت کبک تغذیه‌شده با جلبک اسپیرولینا خام بدون آهن و روی در ۴ و ۱ درصد جیره غذایی بیش‌تر از میزان پروتئین نمونه شاهد اندازه‌گیری شد.



شکل ۴: نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن جهت مقایسه میزان رطوبت در گوشت کبک در تیمارهای مختلف

(حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار، حروف متضاد دارای اختلاف معنی‌دار)

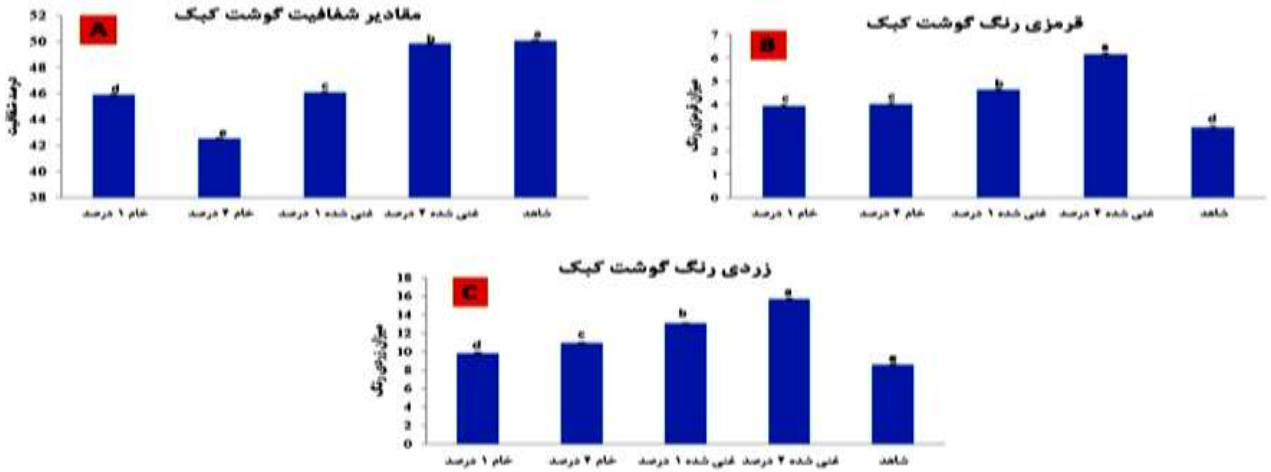


شکل ۵: نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن جهت مقایسه درصد پروتئین در گوشت کبک در تیمارهای مختلف
(حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار، حروف متضاد دارای اختلاف معنی‌دار)

بافت‌سنجی گوشت کبک: براساس نتایج در میزان سختی گوشت تیمارهای مختلف با یکدیگر و با نمونه شاهداختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<0/05$). شکل ۶ نتایج مقایسه میانگین‌های دانکن را نشان می‌دهد. میزان سختی در تمام تیمارهای گوشت کبک‌های تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا با و بدون غنی شدگی با آهن و روی، با نمونه شاهداختلاف معنی‌دار دارد. هم‌چنین تیمارهای مختلف نیز با یکدیگر در میزان سختی اختلاف معنی‌دار نشان دادند، ولی میزان سختی گوشت در کبک‌های تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی‌شده با آهن و روی در جیره غذایی ۱ و ۴ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. بیش‌ترین میزان سختی بافت در نمونه گوشت کبک‌های تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا بدون غنی شدگی با میزان۱و ۴ درصد در جیره غذایی می‌باشد و در نمونه‌های کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی‌شده با آهن و روی میزان سختی بافت کم‌تر می‌باشد.

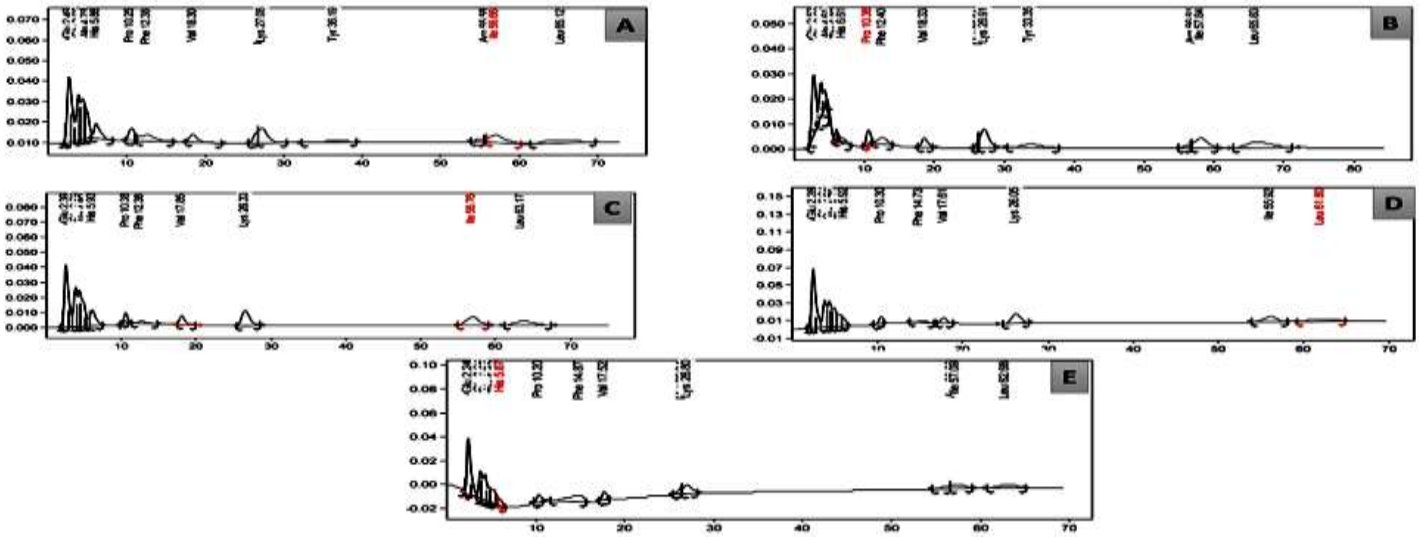
شاخص رنگ‌سنجی: به‌منظور مقایسه رنگ در نمونه‌های گوشت کبک تغذیه شده با تیمارهای مختلف از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. در مقایسه رنگ‌سنجی گوشت از لحاظ شفافیت، قرمزی و زردی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه در شکل ۷ نشان داد که نمونه‌های گوشت کبک رنگ‌های مختلف قرمز و زردی و شفافیت با یکدیگر و با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دارند ($p<0/05$). هم‌چنین نتایج مربوط به آنالیزهای دانکن روی شاخص‌های رنگ‌سنجی در شکل ۷ آورده شده است. همان‌طور که مشخص می‌باشد در تیمارهایی که کبک‌ها با جلبک‌های غنی‌شده میزان ۴ درصد آهن و روی تغذیه شدند میزان شفافیت، قرمزی و زردی گوشت نسبت به تیمارهای دیگر در بالاترین سطح قرار داشت به‌نحوی‌که اختلاف معنی‌دار بین آن‌ها مشاهده گردید ($p<0/05$).

شکل ۶: نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن جهت مقایسه میزان سختی گوشت در گوشت کبک در تیمارهای مختلف
(حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار، حروف متضاد دارای اختلاف معنی‌دار)



شکل ۷: نتایج آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن جهت مقایسه میزان شفافیت(A)، قرمزی (B) و زردی (C) گوشت کبک در تیمارهای مختلف
(حروف مشابه عدم اختلاف معنی‌دار، حروف متضاد دارای اختلاف معنی‌دار)

پروفایل اسیدهای آمینه: در شکل ۸ کروموتوگراف‌های مربوط به اسیدآمینه‌های موجود در گوشت کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا با و بدون غنی‌سازی با و بدون آهن و روی آورده شده است. همان‌طورکه نتایج آنالیزکروماتوگراف‌ها در تمام نمونه‌ها نشان می‌دهد اسیدآمینه‌های آسپارتیک اسید، گلوتامیک اسید، گلیسین، سرین، آلانین، ترئونئین، هیستیدین، پرولین، فنیل آلانین، والین، متیونین، لیزین، تیروزین، آرژنین، ایزولوسین و لوسین در نمونه‌های گوشت کپک شناسایی و تعیین مقدار شد. هم‌چنین در جدول ۲ درصد اسیدآمینه‌های شناسایی شده برای تیمارهای مورد بررسی شامل کبک تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا غنی‌شده با و بدون آهن و روی، ۱ و ۴ درصد در جیره غذایی و نمونه شاهد نشان داده شده است. بیش‌ترین درصد اسیدآمینه‌های شناسایی شده مربوط به گلوتامیک اسید، گلیسین، سرین، لیزین، ایزولوسین و لوسین اندازه‌گیری شد.



شکل ۸: کروموتوگراف اسیدآمینه‌های موجود در گوشت کبک تغذیه شده با A: شاهد، B: ۱ درصد جیره حاوی جلبک غنی شده با آهن و روی، C: ۴ درصد جیره حاوی جلبک غنی‌شده با آهن و روی، D: ۱ درصد جیره بدون جلبک غنی شده با آهن و روی و E: ۴ درصد جیره بدون جلبک غنی‌شده با آهن و روی

جدول ۲: درصد اسیدهای آمینه شناسایی شده در نمونه‌های مطالعه شده گوشت کبک

اسید آمینه	نام اختصاری	شاهد	غنی‌شده ۱ درصد	غنی‌شده ۴ درصد	خام ۱ درصد	خام ۴ درصد
آسپارتیک اسید	Asp	۰/۸۹	۰/۹۱	۱/۰۵	۳/۸۴	۰/۳۱
گلوتامیک اسید	Glu	۱۹/۷۵	۲۱/۹۷	۲۱/۸۲	۲۴/۱۱	۲۲/۹۵
گلیسین	Gly	۱۲/۴۸	۱۰/۱۶	۱۳/۴۳	۱۲/۸۶	۱۱/۲۲
سرین	Ser	۹/۱۱	۳/۹۰	۹/۵۴	۹/۴۹	۸/۸۹
آلانین	Ala	۳/۶۲	۰/۶۱	۶/۴۵	۷/۷۸	۴/۲۰
ترئونئین	Thr	–	۲/۸۵	۱/۸۲	۴/۵۱	۴/۸۶
هیستیدین	His	۵/۸۵	۰/۶۶	۶/۶۹	۲/۳۸	۱/۸۱
پرولین	Pro	۵/۰۷	۵/۴۳	۴/۲۰	۳/۷۱	۴/۰۰
فنیل آلانین	Phe	۶/۱۰	۴/۴۲	۱/۸۳	۱/۷۲	۱۲/۷۶
والین	Val	۴/۵۰	۵/۰۴	۴/۷۷	۴/۱۰	۴/۲۷
متیونین	Met	۴/۱۰	۲/۳۹	–	–	۲/۵۷
لیزین	Lys	۷/۹۶	۱۱/۲۷	۱۱/۵۵	۱۰/۳۴	۷/۱۹
تیروزین	Tyr	۳/۳۷	۶/۴۶	–	–	–
آرژنین	Arg	۲/۰۹	۱/۸۷	–	–	۳/۰۲
ایزولوسین	Ile	۷/۷۰	۹/۷۵	۹/۲۳	۷/۷۷	۵/۳۴
لوسین	Leu	۷/۴۳	۱۲/۲۹	۷/۶۱	۷/۴۰	۶/۶۲

بحث

در مطالعات بسیاری اثرات تغذیه‌ای و ایمنی‌زایی جلبک‌ها به عنوان مکمل‌های غذایی یا غذا در جیره غذایی دام و انسان به اثبات رسیده است (۲۱). میکروجلبک‌ها دارای تنوع گونه‌ای بسیار بوده و در آب‌های شور و شیرین از جلبک‌های رشته‌ای تا تک‌سلولی پراکنش یافته‌اند (۲۲). براساس آنالیزهای انجام گرفته بدن میکروجلبک‌ها قادر است طیف وسیعی از مواد مغذی و عناصر تغذیه‌ای کمیاب شامل اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری و اسیدهای چرب غیراشباع را

تولیدنمایند که نقش حیاتی در سوخت و ساز و متابولیسم موجودات دارند (۲۳). امروزه غنی‌سازی مواد غذایی با ویتامین‌ها، ریزمغذی‌ها، و مواد سودمند برای سلامتی و جلوگیری از کمبود تغذیه‌ای در انسان بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به‌طوری‌که غذاهای فراسومند یا عملگرا در انواع مختلف لبنی، پروتینی، غلات و غیره هر روزه در حال توسعه و تولید می‌باشد. به‌طورکلی به مواد غذایی، غذاهای فرا سودمند یا عملگرا می‌گویند که علاوه بر خواص تغذیه‌ای متعارف دارای ویژگی سلامت بخش برای مصرف‌کننده هستند و بیش‌تر از ارزش و خواص تغذیه‌ای دارای ارزش دارویی بوده و در کاهش خطر و ریسک ابتلا به بیماری‌های مزمن تاثیرگذار هستند. فرایند غنی سازی در بین میکروجلبک‌ها در مطالعات بسیاری به‌منظور افزایش کارایی تغذیه‌ای این موجودات آبزی انجام شده است (۲۴). تحقیقات زیادی در زمینه افزودن جلبک‌ها به جیره غذایی حیوانات پرورشی انجام گردیده است. آبزیان پرورش نیز ازجمله مهم‌ترین گونه‌های پرورشی هستند که از سنین بسیار پایین تا مولد از جلبک‌ها تغذیه می‌کنند. در بسیاری از مراکز پرورشی انواعی از ماهی‌ها و سخت‌پوستان پرورشی نظیر ماهیان سردابی و گرمابی و میگوها در دوره لاروی و نوزادی به‌علت کوچکی جثه، اندازه دهان و نیاز بالای غذایی که دارند از جلبک‌های غنی شده استفاده می‌کنند. در مطالعه‌ای که توسط El-bahr و همکاران، انجام شد، اثرات سه گونه میکروجلبک *Chlorella vulgaris* ,*Spirulina platensis*, *Amphora coffeaformis* را روی کارایی رشد، پروفایل اسیدهای چرب، اسیدهای آمینه، وضعیت آنتی اکسیدانی و کیفیت گوشت جوجه‌های مرغ گوشتی نژاد Broiler بررسی کردند (۲۵). نتایج نشان داد که هر سه گونه جلبک توانستند موجب تقویت کیفیت، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و افزایش سطح اسیدهای چرب غیراشباع در گوشت جوجه‌های این مرغ شوند. هم‌چنین Abdo و همکاران، کاربرد زی‌توده جلبکی را روی مرغ‌های گوشتی و مقاومت آن‌ها در مقابل بیماری ویروسی نیوکاسل بررسی کردند. عنصر آهن نقش به‌سزایی در تولید و متابولیسم سلول‌های بدن موجودات دارد به‌نحوی‌که تولید گلبول‌های قرمز همواره نیازمند مقادیر مشخصی از آهن در جیره می‌باشد (۲۶). بسیاری از ماکیان پرورشی نظیر مرغ، بلدرچین، بوقلمون و کبک نیازمند یک جیره متعادل غذایی از نظر عناصر میکرو و ماکرو هستند چراکه در غیراین‌صورت پرورش اقتصادی به‌منظور سودآوری حاصل نمی‌گردد. یافته‌های ما نشان داد که غنی سازی جلبک‌ها با مقادیر ۴ درصد آهن در جیره بیش‌ترین تاثیر را بر میزان محتوی آهن گوشت کبک داشته است که به‌مقدار ۱۶ میکروگرم بر گرم گوشت سنجش گردید، درحالی‌که کبک‌های تغذیه شده با جلبک‌های محتوی ۱ درصد آهن میزان ۶ میکروگرم بر گرم آهن را نشان دادند. مطالعات نشان داده است که جلبک *Spirulina platensis* دارای طیف وسیعی از مواد معدنی از جمله آهن، منیزیم، منگنز، پتاسیم، کلسیم، فسفر، روی و سلنیوم می‌باشد (۲۷). با این حال محققین علوم تغذیه دام استفاده از جلبک‌ها را به‌عنوان ناقل‌های بیولوژیک سودمند جهت انتقال عناصر کمیاب در بدن دام‌ها در دستور کار قرار داده‌اند. هم‌چنین Peluso و همکاران، مقادیر آهن موجود در هر کیلوگرم جلبک اسپیرولینا را بین ۰/۵۸ تا ۱/۸ گرم ارزیابی کردند (۲۷). روی نیز ازجمله عناصر بسیار مهم و پرکاربرد در بدن موجودات است به‌خصوص انسان و دام‌های پرورشی که همواره در صورت کمبود این عنصر دچار مشکلات بیماری و در مانی می‌شوند. عنصر روی قادر است با تسهیل فرایندهای سوخت ساز به‌خصوص در سیستم اسکلتی بدن روند تولید و ساخت غضروف‌ها و استخوان‌ها را تسریع بخشد و ناهنجاری‌های مفاضل و استخوان را به‌طرز چشمگیری درمان نماید. از نظر آنالیزهای محتوایی جلبک اسپیرولینا حاوی مقادیر بالایی عنصر روی است (۲۸). بر اساس نتایج آنالیزهای گوشت کبک‌ها در این مطالعه معین گردید که کبک‌های تغذیه شده با جلبک‌های غنی‌شده با مقادیر ۱ و ۴ درصد روی میزان بیش‌تری از روی را در گوشت خود دارند به شکلی که در این دو تیمار به مقدار ۳/۵ میکروگرم بر گرم گوشت عنصر روی سنجش شد. این نتایج با گزارشات Blake و همکاران، نیز هم‌خوانی داشت وقتی آن‌ها گزارش کردند جیره غذایی حاوی روی می‌تواند تاثیر مستقیمی بر میزان روی موجود در گوشت کبک بگذارد (۲۹). گوشت پرندگان از نظر کیفیت و عناصر مغذی نیز تابع عوامل متعدد بسیاری است از جمله شرایط نگه‌داری، تغذیه پرنده، نحوه ذبح، عناصر موجود در جیره غذایی و شرایط محیطی ولی ترکیبات موجود در بافت گوشت همواره اثرات زیادی در شرایط نگه‌داری و تغییرات خواص بیوشیمیایی و شیمیایی آن دارند. به‌عنوان مثال گوشت مرغ‌هایی که چاق‌تر هستند و چربی بالاتری دارند بیش از مرغ‌هایی که چربی کم‌تری دارند در معرض خطر اکسیدشدگی قرار دارند. یکی از تغییرات مهم در خواص شیمیایی گوشت تغییرات مربوط به pH می‌باشد. براساس یافته‌های این تحقیق مشخص گردید که pH گوشت کبک‌هایی که با جلبک‌های حاوی ۱ و ۴ درصد آهن و روی تغذیه شده بودند کم‌تر از مقدار گروه‌های تغذیه شده با جلبک‌های خام بود. این نتایج با یافته‌های Mir و همکاران، مطابقت داشت که اقدام به بررسی عوامل موثر بر کیفیت گوشت جوجه‌های گوشتی کردند (۳۰). مطالعات روی گروهی از بوقلمون‌های صنعتی در آلمان نشان داد که استفاده از مواد معدنی نظیر منگنز، روی، منیزیوم، آهن و مس اثرات مشابهی در کاهش pH گوشت داشته است به‌نحوی‌که در برخی موارد تا حدود ۴/۵ نیز کاهش یافته است. حدود ۷۵ درصد از گوشت کبک را آب تشکیل داده است که با عنوان فاکتور رطوبت در بسیاری از مطالعات به‌منظور ارزیابی کیفیت گوشت قابل اندازه‌گیری می‌باشد. در مطالعه حاضر نتایج نشان داد که میزان رطوبت گوشت پس از استفاده از جلبک‌ها در هر دو تیمار غنی‌شده و خام بیش از گروه شاهد بوده است. استفاده از جلبک‌ها به‌دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجهی آب در افزایش کیفیت گوشت دام‌های پرورشی مورد توجه بسیاری از محققین حوزه تغذیه دام بوده است (۲۵). در یک مطالعه اثرات

استفاده از جیره غذایی حاوی میکروجلبک‌ها روی ماهی تیلاپیا *Oreochromis mossambicus* مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که جلبک‌های دریایی نقش مهمی در افزایش فاکتورهای کیفی ازجمله رنگ، طعم، رطوبت، سختی و تیرگی گوشت این ماهی داشتند (۳۱). گوشت منبع مهم و غنی از پروتئین‌هاست که انسان برای تامین اسیدهای آمینه ضروری بدن از آن استفاده می‌کند. یکی از فاکتورهای بسیار رایج در بررسی اثرات یک عامل روی شاخص‌های کیفی و کمی لاشه استفاده از شاخص پروفایل اسیدهای آمینه است که در دو گروه اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری بررسی می‌شوند (۳۲). استفاده از جلبک‌ها به‌علت دارا بودن خواص آنتی‌اکسیدانی و عناصر ضروری نقش به‌سزایی در تشکیل بافت‌های عضلانی و گوشت بدن ماکیان دارند. مطالعات نشان داده است که جلبک اسپیرولینا قادر است کیفیت تولید گوشت در بدن موجوداتی که از آن تغذیه می‌کند را ارتقاء دهد (۳۳). بررسی‌های ما در این تحقیق نشان داد درصد پروتئین گوشت کبک‌هایی که با جلبک‌های حاوی آهن و روی تغذیه شده بودند بیش از کبک‌هایی بود که با جلبک‌های خام تغذیه کرده بودند. تولید پروتئین در بدن موجودات نیازمند یک‌سری مواد مغذی به‌عنوان پیش‌سازهای پروتئینی است که جلبک اسپیرولینا علاوه بر دارا بودن اسیدهای آمینه ضروری نیز حاوی عناصر معدنی روی و آهن بوده‌است که موجب افزایش فرایند ساخت پروتئین شده است (۳۴). سختی بافت ازجمله شاخص‌های کیفی بسیار مهم در ارزیابی کیفیت گوشت می‌باشد که به‌دلیل اثرات آن بر هضم‌پذیری و پخت غذا در زندگی انسان همواره به آن توجه ویژه‌ای شده است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغذیه از جلبک‌های غنی‌شده به میزان ۱ و ۲ درصد موجب کاهش سختی گوشت کبک‌ها شده است درحالی‌که در تیمارهای تغذیه‌شده با جلبک‌های خام سختی گوشت بالاتر بوده است. از نظر فیزیولوژیک جلبک‌های اسپیرولینا حاوی آنزیم‌هایی هستند که در شکل‌گیری بافت‌های پروتئینی بدن نقش به‌سزایی دارند. مهم‌ترین پیش‌ساز این فرایند وجود عناصر معدنی نظیر آهن و روی می‌باشد که در یک سیکل پیچیده بافت‌های پروتئینی با قوام کم‌تر را تولید می‌کند (۳۵). هم‌چنین از نظر فاکتورهای ظاهری و رنگ‌شناسی بافت گوشت کبک‌ها تغییرات متفاوتی را در حضور درصدهای مختلف آهن و روی جذب شده توسط جلبک‌ها نشان داد. نتایج نشان داد که سه فاکتور شفافیت، زردی و قرمزی در گوشت کبک‌های تغذیه‌شده با جلبک‌های حاوی آهن و روی تفاوت معنی‌داری با جلبک‌های تغذیه‌شده با جلبک‌های عاری از عناصر فوق داشته‌اند. درصد شفافیت ازجمله فاکتورهای مهم ارزیابی کیفیت گوشت است که عوامل مختلفی در آن نقش دارند ازجمله مواد معدنی موجود در جیره که می‌توانند میزان رنگ بافت گوشت را تغییر دهند (۳۶). هم‌چنین میزان قرمزی و زردی گوشت در کبک‌های تغذیه شده با جلبک‌های غنی‌شده با آهن و روی بیش از سایر تیمارها و نمونه‌های شاهد بود. جلبک اسپیرولینا حاوی طیف وسیعی از رنگدانه‌هاست که پس از ورود به بدن موجودات به‌علت داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی در شکل‌گیری بافت‌های رنگی دارند. در یک مطالعه اثرات رنگی تغذیه با جلبک‌های غنی‌شده اسپیرولینا روی جوجه‌های مرغ‌های گوشتی بررسی شد و معین گردید جلبک‌های مذکور باعث افزایش رنگدانه‌های داخل گوشت شده‌اند (۳۷). هم‌چنین نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های Teimouri و همکاران، درخصوص استفاده از اسپیرولینا در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و افزایش رنگدانه‌های قرمز فیله آن نیز مطابقت داشت (۳۸). پروفایل اسیدهای آمینه نیز در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج اسیدآمینه‌های اسیدآسپارتیک، اسیدگلوتامیک، گلیسین، سرین، آلانین، ترئونئین، هیستیدین، پرولین، فنیل‌آلانین، والین، متیونین، لیزین، تیروزین، آرژنین، ایزولوسین و لوسین توسط تست کروماتوگراف شناسایی شدند. براین اساس گوشت کبک در تیمارهای مختلف حاوی طیف وسیعی از اسیدهای آمینه بوده است که براساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته مشخص شد بیش‌ترین درصد اسیدآمینه‌های شناسایی شده مربوط به گلوتامیک اسید، گلیسین، سرین، لیزین، ایزولوسین و لوسین می‌باشد. تغذیه عامل موثری در شکل‌گیری نوع اسیدهای آمینه موجود در بدن موجودات است به‌نحوی‌که با تامین اسیدهای آمینه ضروری از طریق تغذیه پروفایل اسیدهای آمینه تکمیل می‌گردد. در کبک‌های بررسی شده در این مطالعه مشخص شد که با افزایش میزان آهن و روی نیز جذب زیستی در تیمار ۴ درصد و ۱ درصد به‌ترتیب ۳۲ و ۲۹ درصد بوده‌است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از جلبک اسپیرولینا که با عناصر روی و آهن غنی شده است می‌تواند اثرات مفیدی را از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی روی کیفیت گوشت کبک داشته باشد.

تشکر قدردانی

این پروژه براساس عنوان پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال با کد مصوب ۱۵۷۵۰۴۰۲۹۶۲۰۳۳ انجام گردیده است. لازم است از پرسنل محترم مجتمع آزمایشگاهی شهید فخری‌زاده دانشگاه و هم‌چنین مسئولین محترم مزرعه پرورشی کبک محمدی در قزوین به‌ویژه جناب آقای محمدی که در تمام طول دوره انجام پروژه را یاری رساندند، تشکر و قدردانی گردد.

تعارض منافع: هیچ‌گونه تعارضی در تدوین مقاله وجود ندارد.

منابع

1. **Matos, Â.P., 2017.** The Impact of Microalgae in Food Science and Technology. JAOCS, Journal of the American Oil Chemists Society. 94(11): 1333-1350. https://doi.org/10.1007/s11746-017-3050-7.
2. **Vejdani Nia, M., Emtyazjoo, M. and Chamani, M., 2020.** Algae usage in producing functional food: A case study on Spirulina platensis for enrichment quail egg. Research in Marine Sciences. 5(4): 806-814.
3. **Momenizadeh, Z., Maghsoudlou, Sh., Bayat Koohsar, J. and Ghanbari, F., 2020.** Evaluation of probiotics and butyric acid glycerides through feed and drinking water on growth performance, carcass characteristics and gut

01574779.
22. **Fox, J.M. and Zimba, P.V., 2018.** Minerals and trace elements in microalgae. In Microalgae in Health and Disease Prevention. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B 978-0-12-811405-6.00008-6.
23. **Koyande, A.K., Chew, K.W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D.T. and Show, P.L., 2019.** Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. Food Science and Human Wellness. 8(1): 16-24. https://doi.org/ 10.1016/j.fshw.2019.03.001.
24. **El-Bahr, S., Shousha, S., Shehab, A.Khattab, W., Ahmed-Farid, O., Sabike, I., El-Garhy, O., Albokhadaim, I. and Albosadah, K., 2020.** Effect of dietary microalgae on growth performance, profiles of amino and fatty acids, antioxidant status, and meat quality of broiler chickens. Animals. 10(5): 1-14. https://doi.org/ 10.3390/ani10050761.
25. **Abdo, S.M., Amer, S.A.M., Ahmed, H.M., Mahmoud, R.H., Salama, A.A. and Kutkat, M.A.A., 2019.** Microalgae biomass application in commercial broilers nutrition and their efficacy against challenge with epidemic newcastle disease virus in Egypt. Journal of World's Poultry Research. 9(2): 98-108.
26. **Peluso, I., Palmery, M. and Serafini, M., 2015.** Association of flavonoid-rich foods and statins in the management of hypercholesterolemia: a dangerous or helpful combination? Curr. Drug Metab. 16(9): 833-846.
27. **Tokuşoglu, O. and Ü, M.K., 2003.** Biomass Nutrient Profiles of Three Microalgae: Journal of Food Science. 68(4): 1144-1148.
28. **Blake, J.P., Hess, J.B. and Berry, W.D., 2013.** Effect of 2 protein regimens and 2 lighting intensities on performance of the Hungarian partridge (*Perdix perdix*). Journal of Applied Poultry Research. 22(3): 365-369.
29. **Mir, N.A., Rafiq, A., Kumar, F., Singh, V. and Shukla, V., 2017.** Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. Journal of Food Science and Technology. 54(10): 2997-3009.
30. **Ju, Z.Y., Davis, S., Ramm, K., Steck, M., Soller, F. and Fox, B.K., 2017.** Effects of microalgae-added diets on growth performance and meat composition of tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Aquaculture Research. 48(9): 5053-5061. https://doi.org/10.1111/are.13322.
31. **Straková, E., Suchý, P., Herzig, I., Marada, P. and Vitula, F., 2016.** Amino acid levels in muscle tissue of six wild feathered species. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 64(5): 1661-1666.
32. **Teimouri, M., Yeganeh, S. and Amirkolaie, A.K., 2016.** The effects of Spirulina platensis meal on proximate composition, fatty acid profile and lipid peroxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle. Aquaculture Nutrition, 22(3): 559-566. **Bashir, S., Sharif, M.K., Butt, M.S. and Shahid, M., 2016.** Functional properties and amino acid profile of spirulina platensis protein isolates. In Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series B: Biological Sciences. 59(1).
33. **Sanjari, S., Sarhadi, H. and Shahdadi, F., 2018.** Investigating the Effect of Spirulina Platensis Microalgae on Textural and Sensory Properties of Baguette Bread. Journal of Nutrition and Food Security. 3(4): 218-225. https://doi.org/10.18502/jnfs.v3i4.166.
34. **Roohani, A.M., Abedian Kenari, A., Fallahi Kapoorchali, M., Borani, M.S., Zoriezahra, S.J., Smiley, A.H., Esmaeili, M. and Rombenso, A.N., 2019.** Effect of spirulina Spirulina platensis as a complementary ingredient to reduce dietary fish meal on the growth performance, whole-body composition, fatty acid and amino acid profiles, and pigmentation of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*) juveniles. Aquaculture Nutrition. 25(3): 633-645. https://doi.org/10.1111/anu.12885.
35. **Toyomizu, M., Sato, K., Taroda, H., Kato, T. and Akiba, Y., 2001.** Effects of dietary Spirulina on meat colour in muscle of broiler chickens. British Poultry Science. 42(2): 197-202. https://doi.org/10.1080/00071660120048447.
36. **Teimouri, M., Amirkolaie, A.K. and Yeganeh, S., 2013.** The effects of dietary supplement of Spirulina platensis on blood carotenoid concentration and fillet color stability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 414-228. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.015.

microflora in broiler chickens. Journal of Animal Environment. 12(4): 231-244. (In Persian)
4. **Kirkman, H. and Kendrick, G.A., 1997.** Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macro-algae and seagrasses in Australia: A review. Journal of Applied Phycology. 9(4): 311-326. https://doi.org/10.1023/A:1007965506873.
5. **Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F., 1956.** Calorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chem. 28: 350-356.
6. **Salimpour Erdi, M., Khoshkhoo, Zh. and Emtiazjoo, M., 2019.** The investigation of production of ice cream containing *Dunaliella salina* alga powder. Journal of food science and technology.90(16): 271-282. (In Persian)
7. **Vigani, M., Parisi, C., Rodríguez-Cerezo, E., Barbosa, M.J., Sijtsma, L., Ploeg, M. and Enzing, C., 2015.** Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. Trends in Food Science and Technology. 42(1): 81-92.
8. **Becker, E.W., 2007.** Micro-algae as a source of protein. Biotechnology Advances. 25(2): 207-210.
9. **Breuer, G., Evers, W.A.C., de Vree, J.H., Kleinegris, D.M.M., Martens, D.E., Wijffels, R.H. and Lamers, P.P., 2013.** Analysis of fatty acid content and composition in microalgae. Journal of Visualized Experiments. 80: 1-8.
10. **Cerezuela, R., Guardiola, F.A., Meseguer, J. and Esteban, M.Á., 2012.** Enrichment of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diet with microalgae: Effects on the immune system. Fish Physiology and Biochemistry. 38(6): 1729-1739. https://doi.org/10.1007/s10695-012-9670-9.
11. **Hillebrand, H. and Sommer, U., 2000.** Effect of continuous nutrient enrichment on microalgae colonizing hard substrates. Hydrohiologia. 426: 185-192.
12. **Lim, K.H.C., Riddell, L.J., Nowson, C.A., Booth, A.O. and Szymlek-Gay, E.A., 2013.** Iron and zinc nutrition in the economically-developed world: A review. Nutrients. 5(8): 3184-3211. https://doi.org/10.3390/nu5083184.
13. **Akbarnezhad, M., Shamsaie Mehrgan, M., Kamali, A. and Baboli, M., 2020.** Effects of microelements (Fe, Cu, Zn) on growth and pigment contents of Arthrospira (*Spirulina platensis*). Iranian Journal of Fisheries Sciences. 19(2): 653-668. https://doi.org/10.22092/ijfs.2019.120614.
14. **Gao, F., Guo, W., Zeng, M., Feng, Y. and Feng, G., 2019.** Effect of microalgae as iron supplements on iron-deficiency anemia in rats. Food and Function. 10(2): 723-732.
15. **Liu, C., Liu, H., Han, D., Xie, S., Jin, J., Yang, Y. and Zhu, X., 2020.** Effects of dietary Arthrospira platensis supplementation on the growth performance, antioxidation and immune related-gene expression in yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). Aquaculture Reports. 17: 100297. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100297.
16. **Heidari, M., Ghotbeddin, N. and Pazir, M.Kh., 2017.** The evaluation effect of extract of *Sargassum angustifolium* on growth and survival rates of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Journal of Animal Environment. 9(2): 223-230. (In Persian)
17. **Riccio, G. and Lauritano, C., 2020.** Microalgae with immunomodulatory activities. Marine Drugs. 18(1). **Kolmakova, A.A. and Kolmakov, V.I., 2019.** Amino Acid Composition of Green Microalgae and Diatoms, Cyanobacteria, and Zooplankton (Review). Inland Water Biology. 12(4): 452-461.
18. **Yap, C.K., Hatta, Y., Edward, F.B. and Tan, S.G., 2008.** Distribution of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Ni, Fe and Zn) in the different soft tissues and shells of wild mussels *Perna viridis* collected from Bagan Tiang and Kuala Kedah. Malaysian Applied Biology. 37: 1-10.
19. **Genchev, A., Mihaylova, G., Ribarski, S., Pavlov, A. and Kabakchiev, M., 2008.** Meat quality and composition in Japanese quails. Trakia Journal of Sciences. 6: 72-82.
20. **Madeira, M.S., Cardoso, C., Lopes, P.A., Coelho, D., Afonso, C., Bandarra, N.M. and Prates, J.A.M., 2017.** Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. Livestock Science. 205: 111-121. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.09.020.
21. **Metting, F.B., 1996.** Biodiversity and application of microalgae. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 17(5-6): 477-489. https://doi.org/10.1007/bf