اثرات تغذیه با پودر جلبک اسپیرولینای (*Spirulina platensis*) ریزکپسوله شده و غیر کپسوله بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی (راس ۳۰۸)

متین شکوری*[۱]، منصور رضایی[۲]، یداله چاشنی دل[۲]، رضا صفری[۱]، حامد قلی پور[۲]

*matin.shakoori@yahoo.com

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر افزودن پودر جلبک اسپیرولینا ریزکپسوله شده و غیرکپسوله به جیره بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی به مدت ۶ هفته انجام شد. در این آزمایش تعداد ۳۶۰ قطعه جوجه یک روزه گوشتی (جنس نر) سویه تجاری راس ۳۰۸ به ۹ تیمار با ۴ تکرار در هر تیمار (۱۰ قطعه جوجه در هر تکرار) در قالب طرح کاملاً تصادفی اختصاص داده شدند. تیمارها شامل: ۱- جیره پایه بدون هیچ افزودنی (شاهد منفی)، ۲- جیره پایه + آنتی بیوتیک (شاهد مثبت)، ۳- جیره پایه + ویتامین E، ۴- جیره پایه + ۰/۳۳درصد اسپیرولینا ریزکپسوله شده، ۵- جیره پایه + ۰/۶۶درصد اسپیرولینا ریزکپسوله شده، ۶- جیره پایه + ۱ درصد اسپیرولینا ریزکپسوله شده، ۷- جیره پایه + ۰/۳۳درصد اسپیرولینا غیرکپسوله، ۸- جیره پایه + ۰/۶۶درصد اسپیرولینا غیر کپسوله و ۹- جیره پایه + ۱ درصد اسپیرولینا غیرکپسوله بود. نتایج حاصله در پایان دوره آزمایش نشان داد که فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در تیمارهای حاوی ۱ درصد پودر اسپیرولینای ریزکپسوله شده و ۱ درصد پودر اسپیرولینا غیر کپسوله بیش از سایر تیمارها بود ($p<0/05$). اما فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>0/05$). اثر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم مواد مغذی در بین گروه‌های مختلف آزمایشی نیز اثر معنی‌داری را نشان نداد ($p<0/05$). افزودن پودر اسپیرولینا و پودر اسپیرولینا کپسوله سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی در جیره جوجه‌های گوشتی راس ۳۰۸ شد.

لغات کلیدی: اسپیرولینا، آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، قابلیت هضم، جوجه گوشتی، *Spirulina platensis*

*نویسنده مسئول

مقدمه

ریزجلبک‌ها منابع مغذی طبیعی با ارزشی هستند که می‌توانند در توسعه مواد غذایی جدید مورد استفاده در صنعت دام و طیور مورد توجه قرار گیرند. فعالیت‌های بیولوژیک بسیاری از متابولیت‌های جدا شده از جلبک‌های دریایی و تاثیر آنها بر سلامتی نشان داده شده است (Marques *et al.*, 2014). فعالیت آنتی‌اکسیدانی زیاد موجود در جلبک‌ها و همچنین عملکرد مفید این جلبک در بهبود و تقویت سیستم ایمنی، دفع فلزات سنگین از بدن، حفاظت از کلیه و کبد، کاهش آلرژی، کند شدن روند رشد تومورهای سرطانی و کاهش عملکرد ویروس‌ها، به اثبات رسیده است (Gupta *et al.*, 2011). در میان گونه‌های شناخته شده جلبک‌ها، *کلرلا ولگاریس* (*Chlorella vulgaris*) و *اسپیرولینا پلاتنسیس* (*Spirulina platensis*) ریزجلبک‌های خوراکی رایج و بدون عوارض جانبی می‌باشند. اسپیرولینا بعد از تائید سازمان غذا و دارو[1] به عنوان یک غذای سالم ایمن[2] معرفی گردید (Shetty *et al.*, 2006). ریزجلبک اسپیرولینا به طور تجاری در سراسر دنیا کشت داده می‌شود و به شکل مکمل در تهیه محصولات باارزش غذایی بکار می‌رود (گرگیج جاسکی و همکاران، ۱۳۹۷). خاصیت آنتی اکسیدانی اسپیرولینا عمدتاً به C-فیکوسیانین، کلروفیل، کاروتنوئید و ترکیبات فنلی آن نسبت داده می‌شود (Gupta *et al.*, 2011). همچنین ویتامین E ماده مغذی است که نقش عمده آن فعالیت آنتی اکسیدانی است. ترکیبات فنلی به علت داشتن حلقه بنزن و رزونانس الکترون می‌توانند رادیکال‌های آزاد را به دام انداخته و مانع از ادامه واکنش‌های زنجیره‌ای و تولید سایر رادیکال‌های آزاد شوند (محمدی، ۱۳۸۶). با توجه به خواص آنتی‌اکسیدانی فیکوسیانین موجود در اسپیرولینا، می‌توان از آن به عنوان رنگدانه و آنتی‌اکسیدان طبیعی در انواع مواد غذایی با هدف خواص درمانی و تنوع در محصولات تولیدی استفاده نمود (صفری و همکاران، ۱۳۹۶). دیواره سلولی ریز جلبک *اسپیرولینا پلاتنسیس* شامل پلی ساکاریدی است که ۸۶ درصد قابلیت هضم دارد و بدن انسان براحتی آن را جذب می‌کند (Baylan *et al.*, 2012). اسپیرولینا به دلیل فقدان سلولز در ترکیب ساختاری خود و مقدار پائین اسید نوکلئیک (کمتر از ۵ درصد) و دارا بودن بیش از ۵۰ درصد پروتئین، براحتی در بدن هضم و جذب می‌شود (Oh *et al.*, 2015). از سوی دیگر، ریز پوشانی یا کپسوله کردن روشی برای حفاظت از ترکیبات زیست فعال و پایداری در مقابل فرآوری، ذخیره و جلوگیری از واکنش‌های نامطلوب است، زیرا ممکن است این ترکیبات در تماس با عوامل محیطی به آسانی مورد اکسیداسیون قرار گیرند یا حتی دناتوره شوند (Isailovic *et al.*, 2012). کپسول‌ها از نظر ریخت شناسی، مخزن‌های بسیار کوچکی هستند که معمولاً به شکل کروی تهیه می‌شوند و می‌توانند مواد به شکل گاز، مایع و جامد را در خود ذخیره کنند. این پوشش‌ها حفاظت از ترکیبات بیواکتیو نظیر ویتامین‌ها، آنزیم‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، کاروتنوییدها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها را بر عهده دارند. در واقع، کپسوله کردن روشی برای افزایش حفاظت، پایداری، رهایش کنترل شده، جلوگیری از واکنش‌های نامطلوب و اثربخشی بیشتر ترکیبات زیست فعال است. این روش نسبتاً جدید، برای حفاظت و آزاد سازی کنترل شده ترکیبات غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Velu *et al.*,2003). هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر تغذیه پودر جلبک اسپیرولینا و پودر جلبک ریز کپسوله شده اسپیرولینا بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و قابلیت هضم مواد مغذی جوجه‌های گوشتی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سالن پرورشی مرغداری خصوصی در روستای چمازکتی شهرستان قائم‌شهر به مدت ۶ هفته انجام شد. تعداد ۳۶۰ قطعه جوجه یک روزه گوشتی (جنس نر) سویه تجاری راس ۳۰۸ در سن ۱ روزگی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی به ۹ تیمار با ۴ تکرار در هر تیمار (۱۰ قطعه جوجه در هر تکرار) تقسیم شدند. تیمارها شامل: ۱- جیره پایه + بدون هیچ افزودنی (شاهد منفی)، ۲- جیره پایه + آنتی بیوتیک (شاهد مثبت)، ۳-

[1] Food and drug administration
[2] Generally Recognized As Safe

جیره پایه + ویتامین E، ۴- جیره پایه + ۰/۳۳درصد اسپیرولینا ریزکپسوله شده،۵- جیره پایه + ۰/۶۶درصد اسپیرولینا ریزکپسوله شده، ۶- جیره پایه + ۱ درصد اسپیرولینا ریزکپسوله شده، ۷- جیره پایه + ۰/۳۳درصد اسپیرولینا غیر کپسوله، ۸- جیره پایه + ۰/۶۶درصد اسپیرولینا غیرکپسوله و ۹- جیره پایه + ۱ درصد اسپیرولینا غیرکپسوله بود. آنالیز ترکیب شیمیایی نمونه خشک شده جلبک مورد استفاده شامل اندازه‌گیری پروتئین خام ،چربی خام، رطوبت و خاکستر بر اساس روش AOAC (۲۰۰۵) در آزمایشگاه آنالیز مواد غذایی انجام شد. به منظور ریزکپسوله کردن پودر ریز جلبک اسپیرولینا از پوشش سیکلودکسترین استفاده شده که میزان آن نسبت به هسته (اسپیرولینا) ۴ به ۱ بود. ابتدا سوسپانسیونی از جلبک در آب مقطر تهیه شده و با هیتر مگنت و بدون حرارت همگن گردید. برای پوشش سیکلودکسترین نیز سوسپانسیونی تهیه شده و عمل همگن کردن با حرارت ۴۵ درجه و به مدت۳۰ دقیقه انجام شد. پس از این مرحله، سوسپانسیون‌های مذکور با هم مخلوط شده و با استفاده از دستگاه اولتراهموژنایزر در دور ۹۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه همگن شدند تا عمل ریزکپسوله به‌خوبی انجام گیرد. بعد از این مرحله جهت پایدار نمودن سوسپانسیون تهیه شده، از سورفکتانت توئین ۸۰ استفاده شد. در مرحله نهایی نیز از دستگاه خشک‌کن پاششی با دمای ورودی ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و دمای خروجی ۸۰ درجه سانتی‌گراد عمل خشک کردن هسته به همراه پوشش انجام گرفت (Machado *et al.*, 2014). در طول دوره آزمایش، جوجه‌های گوشتی دسترسی آزاد به آب و خوراک داشتند. دمای سالن در هفته اول ۳۳-۳۲ درجه سانتی‌گراد حفظ شد و در هفته‌های بعد هر هفته حدود ۲ درجه سانتی‌گراد دما کاهش داده شد بطوریکه در هفتهٔ آخر دوره پرورشی (هفته ۶) دمای سالن ۲۰-۱۸ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت هوای سالن در هفته اول ۷۰-۶۰ درصد و در هفته های بعد ۶۰-۵۰ درصد بود. در ۴۸ ساعت اول روشنایی کامل و از روز سوم تا پایان دوره پرورش روزی یک ساعت خاموشی در نظر گرفته شد. در پایان دوره آزمایش، در سن ۴۲ روزگی از هر تکرار دو قطعه جوجه به صورت تصادفی انتخاب، خونگیری و جداسازی سرم به منظور اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی اکسیدانی با استفاده از کیت ارزیابی فعالیت آنزیم‌ها و بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده آن و بوسیله دستگاه اسپکتوفتومتری انجام شد. برای بررسی قابلیت هضم مواد مغذی، از سن ۲۵ روزگی به مدت چهار روز از اکسید کرومیک به مقدار ۰/۳ درصد به عنوان نشانگر در جیره استفاده شد. بعد از این مدت، در یک دوره سه روزه نمونه‌گیری از فضولات انجام و در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نگهداری گردید (Apata, 2008). برای تعیین ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام بر اساس روش AOAC (۲۰۰۵) اندازه گیری شد. تعیین غلظت اکسید کرومیک فضولات طبق روش تصحیح شده Fenton و Fenton (۱۹۷۹) انجام شد. در پایان برای اندازه گیری قابلیت هضم هر یک از مواد مغذی از فرمول ذیل استفاده گردید:

$$D\ (\text{درصد}) = ۱۰۰ - \{ ۱۰۰ \times ((A / B) \times (C / E))\}$$

D= قابلیت هضم (درصد)
A= غلظت اکسید کرومیک نمونه خوراک (درصد)
B= غلظت اکسید کرومیک نمونه فضولات (درصد)
C= غلظت ماده مغذی نمونه فضولات (درصد)
E= غلظت ماده مغذی نمونه خوراک (درصد)

کلیه داده‌های آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار آماری SAS (SAS, 2001) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه ای دانکن (Duncan, 1995) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی

نتایج مربوط به اثر تیمارهای آزمایشی بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در جدول۱ ارائه شده است. میزان آنزیم کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز در تیمارهای مختلف نسبت به گروه شاهد (شاهد مثبت و منفی) تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

جدول ۱: اثر پودر جلبک اسپیرولینا بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی جوجه‌های گوشتی(واحد در هر گرم هموگلوبین)
Table 1: The effect of spirulina algae powder on the meat oxidative stability of broiler chicken (gr hemoglobin)

تیمارها	کاتالاز	گلوتاتیون پراکسیداز	سوپراکسید دیسموتاز
جیره پایه + بدون هیچ افزودنی (شاهد منفی)	۱/۷۷^{a}	۱۰۶/۷۴^{a}	۲۷۸/۶۲^{c}
جیره پایه + آنتی بیوتیک ویرجینامایسین(شاهد مثبت)	۱/۸۷^{a}	۱۱۳/۳۸^{a}	۲۸۱/۰۰^{c}
Eجیره پایه + ویتامین	۱/۸۵^{a}	۱۰۵/۷۳^{a}	۲۹۲/۰۰^{abc}
جیره پایه + ۰/۳۳درصد پودر اسپیرولینا ریزکپسوله شده	۱/۸۹^{a}	۱۱۱/۸۴^{a}	۲۸۵/۵۰^{bc}
جیره پایه + ۰/۶۶درصد پودر اسپیرولینا ریزکپسوله شده	۱/۸۸^{a}	۱۱۲/۷۰^{a}	۲۸۹/۳۷^{abc}
جیره پایه + ۱درصد پودر اسپیرولینا ریزکپسوله شده	۱/۹۸^{a}	۱۱۶/۸۰^{a}	۳۰۲/۲۵^{a}
جیره پایه + ۰/۳۳درصد پودر اسپیرولینا	۱/۸۹^{a}	۱۱۶/۴۵^{a}	۲۸۳/۱۲^{c}
جیره پایه + ۰/۶۶درصد پودر اسپیرولینا	۱/۹۱^{a}	۱۱۶/۵۶^{a}	۲۸۵/۲۵^{bc}
جیره پایه + ۱درصد پودر اسپیرولینا	۲/۰۲^{a}	۱۱۸/۷۴^{a}	۳۰۰/۵۰^{ab}
SEM	۰/۰۶۴	۳/۸۷۶	۵/۱۳۱

در هر ستون میانگین‌هایی که فاقد حرف مشترک می‌باشند، نسبت به هم دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند (p< ۰/۰۵)

اما افزودن اسپیرولینا به جیره تا سطح یک درصد سبب افزایش این آنزیم‌ها نسبت به تیمارهای شاهد شد. آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گروه‌های مختلف تیمار نسبت به گروه شاهد (شاهد مثبت و منفی) افزایش یافت و بین گروه‌های مختلف نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵). بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در تیمار حاوی یک درصد پودر اسپیرولینا ریزکپسوله شده و بعد از آن گروه یک درصد پودر اسپیرولینا بود که با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند و کمترین فعالیت این آنزیم را تیمارهای شاهد (بدون افزودنی و حاوی آنتی بیوتیک) و تیمار حاوی ۰/۳۳ درصد پودر اسپیرولینا نشان دادند.

قابلیت هضم مواد مغذی

در جدول ۲، اثر تیمارهای آزمایشی را بر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و چربی ارائه شده است. در این تحقیق استفاده از سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا تأثیر معنی‌داری بر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و چربی در جوجه‌های گوشتی نداشت (p>۰/۰۵). البته قابلیت هضم چربی را در بین گروه‌های مختلف آزمایشی، تمایل به معنی‌دار شدن نشان داد.

جدول ۲: اثر پودر جلبک اسپیرولینا بر قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و چربی جوجه‌های گوشتی(درصد)
Table 2:The effect of spirulina algae powder on dry matter, protein and lipid digestibility of broiler chicken (%)

تیمارها	ماده خشک	پروتئین خام	چربی خام
جیره پایه + بدون هیچ افزودنی (شاهد منفی)	۶۴/۸۳^{a}	۶۵/۵۳^{a}	۶۸/۶۱^{a}
جیره پایه + آنتی بیوتیک ویرجینامایسین(شاهد مثبت)	۶۶/۲۷^{a}	۶۶/۷۶^{a}	۶۹/۶۷^{a}
جیره پایه+ ویتامین E	۶۵/۵۲^{a}	۶۶/۳۹^{a}	۷۱/۱۸^{a}
جیره پایه + ۰/۳۳درصد پودر اسپیرولینا ریزکپسوله شده	۶۴/۷۱^{a}	۶۵/۷۳^{a}	۶۷/۱۳^{a}
جیره پایه + ۰/۶۶درصد پودر اسپیرولینا ریزکپسوله شده	۶۴/۹۶^{a}	۶۳/۹۲^{a}	۶۳/۷۴^{a}
جیره پایه + ۱درصد پودر اسپیرولینا ریزکپسوله شده	۶۵/۵۱^{a}	۶۷/۴۲^{a}	۶۷/۸۵^{a}
جیره پایه + ۰/۳۳درصد پودر اسپیرولینا	۶۵/۲۰^{a}	۶۵/۷۸^{a}	۶۴/۲۶^{a}
جیره پایه + ۰/۶۶درصد پودر اسپیرولینا	۶۴/۱۳^{a}	۶۷/۱۶^{a}	۶۶/۴۲^{a}
جیره پایه + ۱ درصد پودر اسپیرولینا	۶۶/۴۹^{a}	۶۹/۱۷^{a}	۷۲/۱۷^{a}
SEM	۱/۴۳	۲/۰۵	۲/۰۷

در هر ستون میانگین‌هایی که فاقد حرف مشترک می‌باشند، نسبت به هم دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند (p< ۰/۰۵)

بحث

بر اساس نتایج بدست آمده از این آزمایش، اثر افزایش میزان آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در تیمارهایی که با اسپیرولینا ریزپوشانی شده تغذیه شدند و تیمار حاوی سطح یک درصد اسپیرولینا غیرکپسوله مشاهده شد. شایان ذکر است، برای اولین بار است که از پودر اسپیرولینا ریزکپسوله شده در جیره غذایی جوجه‌های گوشتی استفاده شده است. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان یکی از خطوط دفاعی مهم بدن در مقابله با استرس اکسیداتیو هستند. حضور رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و فیکوسیانینی به همراه ترکیبات فنولی و توکوفرول موجود در اسپیرولینا، موجب می‌شود که این جلبک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان طبیعی و جاذب رادیکال‌های آزاد عمل نماید (Miranda *et al.*, 1998). سوپراکسید دیسموتاز نقش حیاتی در توازن اکسیداسیون و آنتی اکسیداسیون بدن دارد و فعالیت آن پاسخی در برابر تولید و مصرف رادیکال آزاد است. بنابراین، فعالیت آن نشان‌دهنده توانایی بدن در مهار رادیکال آزاد است (Chen *et al.*,2000). در مطالعه‌ای دیگر، از مکمل اسپیرولینا در شرایط استرس گرمایی استفاده شد و بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را در کبد و گوشت جوجه‌های تغذیه شده با سطوح مختلف اسپیرولینا مشاهده گردید (Zeweil *et al.*, 2016) که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت. کاروتنوئیدها به عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند که موجب می‌شوند سلول‌ها و بافت‌ها از آسیب ناشی از رادیکال‌های آزاد حفظ گردند (Velu *et al.*, 2003). در نتیجه، آنزیم‌های مورد بررسی نقش مهمی در برداشت رادیکال‌های آزاد دارند و در تیمارهای با سطح بالاتر اسپیرولینا مقادیر آنزیم‌ها و در نهایت خواص آنتی‌اکسیدانی آنها بیشتر است. در گزارشی مکمل اسپیرولینا موجب فعالیت بالای سوپراکسیداز دیسموتاز و کاتالاز در گلبول‌های قرمز و افزایش همزمان در کاهش گلوتاتیون تری پپتید در جوجه‌های گوشتی شد (Reddy *et al.*, 2004) که با بخشی از نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت. فعالیت آنتی اکسیدانی اسپیرولینا تحت تاثیر چندین عامل از جمله فیکوسیانین، پلی ساکارید، آلفا توکوفرول و بتا کاروتن است و فعالیت آنها به صورت انفرادی یا افزایشی مستقیماً بر رادیکال‌های آزاد است (Belay, 2002).

در گزارشی دیگر، فیکوسیانین موجود در اسپیرولینا در زمان تنش اکسیداتیو سبب مهار فعالیت نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید فسفات اکسیداز و سنتز گلوتاتیون همراه با آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌شود. مطالعات برون تنی نشان داده است که اسپیرولینا سبب کاهش فعالیت متابولیک نوتروفیل‌ها می‌شود و این امر بیانگر فعالیت ضد التهابی آن است (Dartsch, 2008). اسپیرولینا سبب مهار تشکیل سیتوکین پیش از التهاب، سیکلواکسیژناز-۲ و کاهش پروستاگلاندین E می شود و از این طریق اثرات ضد التهابی خود را اعمال می کند (Deng and Chow, 2010).

بر خلاف مطالعات زیادی که در مورد اثر گیاهان دارویی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی صورت گرفته، مطالعات بسیار اندکی تاثیر آن را بر قابلیت هضم آنها آزمایش کرده‌اند. از میان مکانیسم‌های پیشنهادی برای تاثیر تغذیه بر قابلیت هضم، اثر بر مدت زمان عبور غذا، عملکرد روده، افزایش ترشحات و آنزیم‌های گوارشی و فعالیت آنها بسیار مورد توجه است. لذا، ترکیبی از این اثرات بر قابلیت هضم مواد مغذی تاثیر خواهد گذاشت. در مطالعه دیگری که بر جوجه‌های گوشتی انجام شد، هیچیک از تیمارهای پنج گیاه دارویی و اسانس‌های مورد آزمایش آنها بر انرژی قابل متابولیسم ظاهری و قابلیت هضم ظاهری کل ماده خشک و آلی تاثیری نداشت و هیچ کدام از تیمارها اتلاف اندوژنوس (دفع با منشأ داخلی) را تحت تاثیر قرار نداد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت (Cross *et al.*, 2007). در گزارش Mountzouris و همکاران (۲۰۰۸) استفاده از گیاهان دارویی مرزن جوش، رازیانه و مرکبات در سطح ۱۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره قابلیت هضم ظاهری ایلئومی چربی را در جوجه‌های نر نژاد کاب افزایش داد.

شایان ذکر است، گزارش‌های متناقضی در مورد اثرات استفاده از افزودنی‌های گیاهی در جوجه‌های گوشتی وجود دارد. Muhl و Liebet (۲۰۰۷) مشاهده کردند که

یک ترکیب اسانس گیاهی (کارواکرول و تیمول) بر هضم و فعالیت ایمنی غیر اختصاصی در بچه خوک‌ها هیچ اثری نداشت. در مقابل، Kroismayer و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند زمانی که بچه خوک‌های تازه از شیر گرفته شده با مخلوطی از اسانس‌های گیاهی تغذیه شدند، کارایی افزایش یافت. با توجه به فقدان اطلاعات در مورد تأثیر جلبک اسپیرولینا بر قابلیت هضم مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی، بنظر می‌رسد بهتر است بررسی‌های بیشتری در این زمینه انجام شود.

منابع

صفری، ر.، رفتنی امیری، ز. و اسماعیل زاده کناری، ر.، ۱۳۹۶. ارزیابی تاثیر دما، زمان و pH بر پایداری رنگدانه فیکوسیانین استخراج شده از جلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*). مجله علمی شیلات ایران. ۲۶ (۵). ۹۴-۸۵.

Doi: 10.22092/ISFJ.2017.115342

گرگیج جاسکی، م.، یحیوی، م.، روحانی قادیکلایی، ک. و سالارزاده، ع.، ۱۳۹۷. اثر منابع مختلف نیتروژنی و محتوی پروتئینی جلبک سبز- آبی اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina platensis*). مجله علمی شیلات ایران. ۲۷(۶): ۶۶-۵۷.

Doi: 10.22092/ ISFJ/ 2019. 118398

محمدی، ر.، ۱۳۸۶. بیوشیمی پزشکی هارپر (ترجمه. ویرایش بیست و هفتم). نوشته رابرت مورای، داریل ک. گرانرو ویکتور و. رادول. انتشارات آییژ. ۸۸۰ ص.

AOAC., 2005. Official methods of analysis. 18th ed. Association of analytical chemists, AOAC international, Arlington VA.

Apata, D.F., 2008. Growth performance, nutrient digestibility and immune response of broiler chick fed diets supplemented with a culture of *lactobacillus bulgaricus. Journal of Science Food Agriculture*, 88: 1253-1258. Doi: 10.1002/jsfa.3214.

Baylan, M., Ozcan, B.D., Isik, O. and Akar, M.A., 2012. Mini review on spirulina. *Turk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(1): 31-34.

Belay, A., 2002. The potential application of spirulina (*Arthrospira*) as a nutritional and therapeutic supplement in health management. *Journal of the American Nutraceutical Assosiation*, 5(2): 27-47.

Chen, C.L., C.X., Peng, L.S., Wei, R.M. and Liu, J., 2000. Effects of Vitamin E or in combination with Vitamin C and/or Vitamin B_2 on functions of the antioxidant system in mice. *Journal of Wuhan University Science Technology*, 23: 313–315.

Cross, D.E., McDevitt, R.M., Hillman, M. and Acamovic, T., 2007. The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *British Poultry Science*, 48: 496-506. Doi: 10.1080/00071660701463221.

Dartsch, P.C., 2008. Antioxidant potential of selected *Spirulina platensis* preparations. *Phytotherapy Research*, 22: 627–633. Doi: 10.1002/ptr.2310.

Deng, R. and Chow, T., 2010. Hypolipidemic, antioxidant and antiinflammatory activities of microalgae spirulina. *Cardiovascular therapeutics*, 28(4): 33-45. Doi: 10.1111/j.1755-5922.2010.00200.x.

Duncan, D.B., 1955. Multiple ranges and multiple F-test. *Biometrics*, 11: 1-42. Doi: 10.2307/3001478.

Fenton, T.W. and Fenton, M., 1979. An improved procedure for the determination

of chromic oxide in feed and excreta. *Canadian Journal of Animal Science*, 59: 631-634. Doi: 10.4141/cjas79-081.

Gupta, M., Dwivedi U.N. and Khandelwal, S., 2011. C-Phycocyanin: An effective protective agent against thymic atrophy by tributyltin. *Toxicology Letters*, 204: 2-11. Doi: 10.1016/j.toxlet.2011.03.029.

Isailovic, B., Kalusevic, A., Zurzul, N., Coelho, M.T., Dorđevic, V., Alves, V., Sousa, I., Martins, M.M., Bugarski, B. and Nedovic, V., 2012. Microencapsulation of natural antioxidants from *Pterospartum tridentatum* in different alginate and inulin systems. In 6th Central European Congress on Food, pp. 1075-1081.

Kroismayr, A., Schedle, K., Sehm, J., Pfaffl, M.W., Plitzner, C., Foissy, H., Ettle, T., Mayer, H., Schreiner, M. and Windisch, W., 2008. Effects of antimicrobial feed additives on gut microbiology and blood parameters of weaned piglets. Die Bodenkulture: *Journal of Land Management, Food and Environment*, 59: 111-120.

Machado, A.R., Assis, L.M., Costa, J.A.V., Badiale Furlong, E., Mota, A.S., Micheletto, Y.M.S. and Souza Soares, L.A., 2014. Application of sonication and mixing for nano encapsulation of the cyanobacterium *Spirulina platensis* in liposomes. *International Food Research Journal*, 21(6): 2201-2206.

Marques de Assis, L., Machado, A.R., De Souza, A., Costa, J.A.V. and Souza L.A., 2014. Development and characterization of nano vesicles containing phenolic compounds of microalgae spirulina strain LEB-18 and chlorella pyrenoidosa. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 4: 6-12. Doi: 10.4236/ampc.2014.41002.

Miranda, M.S., Cintra, R.G., Barros, S.B. and Mancini Filho, J., 1998. Antioxidant activity of the microalga *Spirulina maxima*. *Brazilian Journal Medical Biology Research*, 31: 1075–1079. Doi: 10.1590/S0100-879X1998000800007.

Mountzouris, K.C., Tsirtsikos, P., Paraskevas, V. and Fegeros, K., 2008. Evaluation of the effect of a phytogenic essential oils product on broiler performance and nutrient digestibility. *In: Worlds Poultry Congress*, August 10-15, 2008, Brisbane, Australia. 444 P.

Muhl, A. and Liebet, F., 2007. No impact of a phytogenic feed additive on digestion and unspecific immune reaction in piglets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 91: 426-431. Doi: 10.1111/j.1439-0396.2006.00671.x.

Oh, S.H., Zheng, L., Kwon, H.J., Choo, Y.K., Lee, K.W., Kang, C.W. and An, B.K., 2015. Effect of dietary fermented *Chlorella vulgaris* (VBT) on growth performance, relative organ weight, Cecal microflora, tibia characteristics and meat qualities in pekin ducks. *Asian Australian Journal of Animal Science*, 28(1): 95-101. Doi:10.5713/ajas.14.0473.

Reddy, B. S., Yuvaraj, N., Babitha, V.,

Ramnath, V., Philomina, P.T. and Sabu, M.C., 2004. Antioxidant and hypolipidemic effects of spirulina and natural carotenoids in broiler chicken. *Indian Vetinary Journal*, 81: 383-386.

SAS Institute, 2001. SAS User's Guide Statics. SAS Institute Inc., Cary, NC., USA.

Shetty, K., Paliyath, G., Pometto, A. and Levin, R.E., 2006. Food biotechnology, *CRC Press*. 498 P.

Velu, C.S., Czeczuga, B. and Munuswamy, N., 2003. Carotenoprotein complexes in entomostracan crustaceans (*Streptocephalus dichotomus* and *Moina micrura*). *Composite Biochemistry and Physics*, 135: 35-42. Doi:10.1016/S1096-4959(03)00053-8.

Zeweil, H., Abaza, I.M., Zahran, S.M., Ahmed, M.H., AboulEla, H.M. and Saad, A.A., 2016. Effect of *Spirulina platensis* as dietary Supplement on Some Biological Traits for Chickens under Heat Stress Condition. *Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 56(6): 8-13.

Effect of microencapsulated and non-encapsulated of spirulina (*Spirulina platensis*) algae powder on the antioxidant enzymes activity and nutrient digestibility of broiler chicks (Ross 308)

Shakoori M.[1*]; Mansour M.[2]; Chashnidel Y.[2]; Safari R.[1]; Gholipour H.[2]

[*]matin.shakoori@yahoo.com

1-Caspian sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran

2-Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Fisheries, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Abstract

This study was done to investigate the effect of microencapsulated and non-encapsulated spirulina (*Spirulina platensis*) powder on the antioxidant enzymes activity and nutrient digestibility of broiler chicks for 6 weeks. A total of 360 one-day old broiler chicks (male) Ross 308 strain was divided into 9 treatments, 4 replicates (10 chicks in each replicate) in a completely randomized design. Experimental treatments include: basal diet without any additives (negative control), basal diet + antibiotic (positive control), 1-basal diet + vitamin E, 2-basal diet + 0.33% spirulina microencapsulated, 3-basal diet + 0.66% spirulina microencapsulated, 4-basal diet + 1% spirulina microencapsulated, 5-basal diet + 0.33% non-encapsulated spirulina, 6-basal diet + 0.66% non-encapsulated spirulina and 7-basal diet + 1% non-encapsulated spirulina. Results showed that the blood super oxide dismutase activity increased in chicks fed with encapsulated spirulina powder and non-encapsulated spirulina powder at the level of 1 percent ($p<0.05$). But the activity of catalase and glutathione peroxidase enzymes did not show any significant difference ($p>0.05$). The effect of experimental treatments on nutrient digestibility showed that no significant different experimental groups ($p>0.05$). The addition of spirulina powder and encapsulated spirulina powder increased antioxidant activity in the diet of Ross 308 broiler chicks.

Keywords: Spirulina, Antioxidant enzymes, Digestibility, Broiler chicks, *Spirulina platensis*

[*]Corresponding author