

ترکیب شیمیایی پودر ریز جلبک اسپیرولینا

- منصوره قائنی*: دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صندوق پستی: 1915
- محمد متین فر: دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، خیابان شهید فلاحی، پلاک 14، کدپستی: 1987974635
- لاله رومیانی: واحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران صندوق پستی: 4933-14155
- نسرین چوبکار: دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، صندوق پستی: 6718997551
تاریخ دریافت: شهریور 1388 تاریخ پذیرش: دی 1388

لغات کلیدی: جلبک اسپیرولینا، ترکیب شیمیایی، رنگدانه

غیرسمی است و چربی‌های آن بصورت اسید چرب غیراشباع است که کلسترول ندارد به همین سبب می‌تواند برای درمان بیماری‌های تصلب شرائین و چاقی بکار رود (4).

پودر اسپیرولینا بدلیل میزان قابل توجه اسید لینولنیک (18:3 w3) نقش مهمی در رشد لارو ماهی و لارو میگو دارد (2 و 7).

مکمل اسپیرولینا باعث افزایش کیفیت مولدین میگو (هیچ مولدین، تعداد ناپلی به مولد، قابلیت زیستی ناپلی) و شاخص‌های کیفی لارو میگو می‌شود (12). همچنین از این جلبک در درمان PDS¹ (سندروم کمبود رنگدانه) به میزان 30 گرم در کیلوگرم در رژیم غذایی بعد از ظهور علائم PDS استفاده شد و بعد از یک دوره 4 هفته‌ای، درمان صورت گرفت (12).

Rahman و همکاران (2006) توانستند با بهره‌گیری از این جلبک درصد مرگ و میر حاصل از ویروس سندروم لکه سفید (WSSV²) را در میگوی جوان *Litopeneus vannamei* کاهش داده و ظهور علائم کلینیکی را به مدت 12 ساعت به تاخیر اندازند.

اسپیرولینا سیانوباکتر رشته ای میکروسکوپی است و اسم این جلبک از شکل ماریچی و رشته‌ای آن مشتق شده است (شکل 1) (3). دو جنس *Spirulina* و *Arthrospira* اسپیرولیناهای مهم خوراکی هستند. این دو جنس از نظر ریخت‌شناسی با هم متفاوت بوده و در نوع چرخش، توزیع منافذ در دیواره سلولی، قطر و نوع قطعات تریکوم نیز با هم اختلاف دارند (14).

از اسپیرولینا بعنوان «غذایی برای آینده» یاد شده است زیرا قابلیت تولید مواد غذایی متراکم با کیفیت بالا و در مقایسه با سایر جلبکها کارایی بیشتری دارد (4). مسئله قابل توجه در اسپیرولینا وجود 65 تا 71 درصد وزن خشک پروتئین است در حالیکه گوشت گوساله 22 درصد پروتئین دارد (14).

جلبک اسپیرولینا حاوی مواد مغذی بسیار، مواد معدنی احاطه شده، رنگدانه‌ها، قند رامنوز (ترکیبات قندی طبیعی از گیاهان)، عناصر کمیاب و آنزیم‌های قابل جذب، می‌باشد (3).

ارزش غذایی اسپیرولینا در مقایسه با برخی از انواع باکتری‌ها بدلیل درصد نسبتاً کم نوکلئیک اسیدهای موجود در آن است (4 درصد). اسپیرولینا حاوی ویتامین B₁₂ نیز بوده و برخلاف دیواره سلولزی سایر جلبکهای تغذیه‌ای، دیواره‌های سلولی موکوپروتئینی اسپیرولینا براحتی هضم می‌شوند. اسپیرولینا

1- Pigment Deficiency Syndrome

2-White spot syndrome virus



شکل ۱: ریز جلبک اسپرولینا (100 میکرون)

- یک گرم از پودر اسپرولینا را در آون 105 درجه سانتیگراد گذاشته و اختلاف وزن در مدت 3 ساعت محاسبه گردید.

- یک گرم از پودر اسپرولینا را در کوره کروزه 625 درجه سانتیگراد گذاشته وقتی رنگ آن سفید شد اختلاف وزن محاسبه گردید.

- 0/3 گرم پودر اسپرولینا با سولفوریک اسید غلیظ و قرص کلدال داخل دستگاه هضم گذاشته شد و پس از قرار دادن در دستگاه تقطیر نیتروژن اوریگ اسید با اسید کلریدریک 0/5 نرمال تیترا شدند و درصد پروتئین تعیین شد.

- 0/1 گرم از پودر اسپرولینا را در اسید کلریدریک 6 نرمال به مدت 24 ساعت در آون 110 درجه سانتیگراد هضم و سپس در آب رقیق کرده و 0/5 میلی لیتر از محلول برداشته شد و به آن 0/5 میلی لیتر بافر و 0/4 میلی لیتر محلول OPA (مشتق ساز) افزوده گردید. بدلیل آنکه با روش فلورسانس کار شد از مشتق ساز استفاده گردید. سپس 10 میکرولیتر از نمونه نهایی را به دستگاه HPLC تزریق شد (16).

میزان آب نمونه جلبک اسپرولینا با دستگاه کارل فیشر Karl Fischer Moisture Titrator MKS-500

اندازه گیری و برحسب درصد وزنی گزارش شد. استخراج چربی با روش سوکسله انجام گرفت. در این روش یک گرم نمونه داخل تیمبل گذاشته و پس از قرار دادن در داخل دستگاه سوکسله چندین بار شستشو با هگزان چربی موجود در نمونه استخراج گردید. سپس هگزان در دمای 45 درجه سانتیگراد توسط روتاری خارج شد.

کشت نیمه انبوه گونه *Arthrospira platensis* در وانهای 100 لیتری و به منظور کنترل دما در محیط گلخانه ای انجام شد برای تامین آب شور از نمک دریا به میزان 15 گرم در لیتر و برای غنی سازی از محیط کشت جردن استفاده گردید (9). برای کشت از بذر گونه *Arthrospira platensis* به میزان 1/5 لیتر در هر وان بعنوان بذر اولیه با تراکم اولیه 17500 سلول در میلی لیتر استفاده شد.

زمانی که رنگ آب در وانها کاملاً سبز و اندازه سلولها به مقدار کافی بزرگ شد و قبل از رسیدن به حداکثر تراکم سلولی و تقسیم سلولها، محیط کشت از الک های با مش های 5، 10، 15 و 50 میکرون عبور داده شده و اسپرولینا روی الک 15 و مقدار کمتری روی الک 10 میکرون باقی ماند. اسپرولینایی که روی توری مانده بودند جمع و توزین شدند. روش کشت پیوسته و بکارگیری مجدد از آب فیلتر شده در وانها بود. در زمان تبخیر زیاد از آب شور برای جبران آب از دست رفته استفاده گردید (6).

اسپرولینای جمع شده روی توری پس از فیلتر کردن آب حاوی آن، در سینی هایی که با نایلون پوشیده شده بودند به منظور تسریع در خشک کردن، پخش شدند که به این طریق سطح را گسترش داده تا سریعتر خشک شود و در دمای 30 درجه به مدت 24 ساعت در سایه خشک گردیدند. محصول ورقه ای خشک پس از جمع آوری، توزین و آسیاب شد و پس از الک کردن با مش 20 میکرون مورد آنالیزهای شیمیایی قرار گرفت.

شرایط دستگاه HPLC شامل: ستون C8، فلوریت 0/7 میلی‌لیتر در دقیقه، طول موج 472 نانومتر، فاز متحرک شامل ترکیبات استونیتریل 800، میلی‌لیتر متانول 100 میلی‌لیتر، هگزان 25 میلی‌لیتر و دی‌کلرومتان 25 میلی‌لیتر به اضافه 0/05 درصد تری اتیل آمین بود.

میزان پروتئین اسپیرولینا از 50-70 درصد وزن خشک آن متغیر می‌باشد که در مقایسه با سایر منابع پروتئینی گیاهی میزان بالایی پروتئین دارد در حالی که پروتئین خام در آرد سویا 35 درصد می‌باشد. میزان پروتئین اسپیرولینا براساس زمان برداشت و تغییرات نور روزانه حدود 10-15 درصد تغییر می‌کند (6). در این تحقیق میزان پروتئین 50/93 درصد وزن خشک بدست آمد که نسبت به میزان گزارش شده توسط سایر محققین کمتر بوده است که احتمالاً بدلیل برداشت نمونه در اواخر روز بود در حالیکه بیشترین پروتئین در اول صبح است زیرا در مدت زمان تاریکی بجای فتوسنتز عملیات تنفس صورت گرفته و پروتئین ساخته می‌شود.

میزان چربی اسپیرولینا در دو گونه *S. platensis* و *S. maxima* حدود 5/6-7 درصد وزن خشک بود در حالیکه برخی محققین ادعا می‌کنند در صورت استفاده از سیستمهای استخراج بهتر، میزان چربی به 11 درصد نیز می‌رسد (6). در این تحقیق میزان اسیدهای چرب گونه *A. platensis* با دو گونه دیگر اسپیرولینا مقایسه شده است. اسید لینولنیک (18:3) و اسید لینولنیک (18:2) گونه *S. platensis* بیش از دو گونه دیگر است (جدول 3).

Colla و همکاران (2004) میزان اسیدهای چرب *Spirulina platensis* را در شرایط گلخانه و درون فتوبیوراکتورها در دمای 30 درجه سانتیگراد و با استفاده از محیط کشت زاروک به همراه 2/5 گرم بر لیتر نیترات سدیم طبق جدول 2 بدست آوردند. در این تحقیق ترکیبات شیمیایی اسپیرولینای رشد یافته در محیط کشت جردن با استفاده از دستگاه کلدال، سوکسله و فیبر مشخص شد (جدول 1) و پس از آن میزان اسید آمینه های آن با استفاده از HPLC و پروفیل اسید چرب آن با دستگاه GC اندازه‌گیری شدند (جدول 2 و 3). در جدول 4 اسیدهای آمینه اسپیرولینا پس از کشت در محیط کشت Paoletti در آب شور و اسپیرولینای کشت یافته در محیط کشت Paoletti در آب خروجی از دستگاههای نمک‌زدایی به منظور مقایسه آورده شده است.

به 0/2 گرم از نمونه چربی استخراج شده مقدار 2 میلی‌لیتر پتاسیم هیدروکسید متانولی 0/5 نرمال و 10 میلی‌لیتر متانول افزوده شد و به منظور تولید متیل استر 30 دقیقه رفلاکس شد تا تولید گردید. پس از خنک شدن، محصول را با هگزان استخراج کرده و لایه هگزان به دستگاه GC مدل HP Hewlett Packard 5890 تزریق شد (10).

برای اندازه‌گیری میزان رنگدانه کلروفیل ابتدا 10 میلی‌لیتر از جلبک اسپیرولینا زنده را از محیط کشت برداشته و تراکم سلولی در هر میلی‌لیتر بدست آورده شد. جلبک برداشته شده با سانتریفیوژ 5000 دور در دقیقه به مدت 5 دقیقه تغلیظ شد. (مدل دستگاه سانتریفیوژ Kokusan Ensiniki, H-11N). سپس مایع اضافی خارج و 10 میلی‌لیتر محلول آستون 90 درصد اشباع به مواد باقیمانده افزوده شد. جهت آسیاب کردن سلولها، لوله آزمایش به مدت 15 دقیقه داخل دستگاه اولتراسوند گذاشته شد که بافت کاملاً هموزن شود. مجدداً مرحله سانتریفیوژ تکرار شد. نمونه دارای آستون خالص در اسپکتروفتومتر قرار گرفت و میزان جذب دستگاه برای نمونه شفاف صفر (تنظیم) گردید. (مدل اسپکتروفتومتر UV-Visible Varian, Cary 50 (scan

در نهایت نمونه خالی برداشته شد و نمونه حاوی کلروفیل را در اسپکتروفتومتر گذاشته و میزان جذب (A) آن در سه طول موج 664 و 630.647 قرائت و توسط فرمول زیر میزان کلروفیل محاسبه گردید (1)

$$\mu\text{g chl a/mL} = 11.85 \text{XA}_{664} - 1.54 \text{XA}_{647} - 0.08 \text{XA}_{630}$$

یک گرم از نمونه اسپیرولینا با 10 میلی‌لیتر BHT و 30 میلی‌لیتر متیلن کلراید به مدت 15 دقیقه سونیکه شدند و سپس با محلول رقیق کننده به حجم رسانده شد. محلول رقیق کننده شامل 600 میلی‌لیتر استونیتریل، 150 میلی‌لیتر دی‌کلرومتان و 100 میلی‌لیتر هگزان می‌باشد. محلول BHT با افزودن 2/5 گرم در 500 میلی‌لیتر دی‌کلرومتان تهیه شد. سپس 0/5 میلی‌لیتر BHT به محلول رقیق کننده اضافه کرده و به آنها 0/05 درصد تری اتیل آمین اضافه شد. محلول استخراج شده به میزان 100 میکرولیتر به دستگاه HPLC تزریق گردید (مدل دستگاه HP Hewlett Packard 1046A) (15).

جدول 1: ترکیبات شیمیایی اسپرولینا

رطوبت	خاکستر	پروتئین	چربی	آستاگزانتین
9/46 درصد	0/7 درصد	50/93 درصد	0/1 درصد	0/21 (میلی گرم در کیلوگرم)

جدول 2: پروفیل اسیدهای آمینه اسپرولینا برحسب درصد

اسید آمینه	درصد	اسید آمینه	درصد
اسپارتیک اسید (Asp)	5	ایزولوسین (Ile)	2/3
گلوتامیک اسید (Glu)	5/99	لوسین (Leu)	3/66
آسپارژین (Asn)	0/48	لیزین (Lys)	---
سرین (Ser)	1/9	سیستئین (Cys)	---
ترئونین (Thr)	2/47	پرولین (Pro)	---
تایروزین + آلانین (Tyr+Ala)	3	متیونین (Met)	6/5
والین (Val)	2/56	تریپتوفان (Trp)	8/8
فنیل آلانین (Phe)	1/9	گلايسين (Gly)	2/98
آرژنین (Arg)	2/95	گلوتامین + هیستیدین (Gln+His)	0/44

جدول 3: پروفیل اسیدهای چرب *A. platensis* برحسب درصد در مقایسه با دو جنس از *Spirulina*

درصد			اسید چرب
<i>S. maxima</i>	<i>S. platensis</i>	<i>A. platensis</i>	
4	3/65	56/7	اکتانوئیک اسید (8:0)
63	25/8	16/4	پالمیتیک اسید (16:0)
2	3/8	2/7	پالمیتولئیک اسید (16:1)
1	1/7	2/26	استئاریک اسید (18:0)
4	16/6	1/3	اولئیک اسید (18:1)
9	12	5/6	لینولئیک اسید (18:2)
13	40/1	10/36	لینولنیک اسید (18:3)

* درصدهای دو گونه اسپرولینا براساس منبع (Falquet, 1999) آورده شده است.

** اسید اکتانویک طبق منبع (Oftes & Pire, 2001) آورده شده است.

جدول 4: آنالیز اسیدهای آمینه در اسپیرولینا (Volkman et al., 2008)

پروتئین (گرم در 100 گرم)			آمینو اسید	پروتئین (گرم در 100 گرم)			آمینو اسید
Volkman 2008	Volkman 2008	Richmond 2004		Volkman** 2008	Volkman* 2008	Richmond 2004	
0/57	0/59	0/90	سیستین	6/49	5/71	6/70	ایزولوسین
5/31	4/65	6/20	ترئونین	10/17	9/26	9/80	لوسین
10/41	9/17	2/20	هیستیدین	4/99	4/42	4/80	لیزین
9/27	8/51	9/50	آلانین	2/16	2/05	2/50	متیونین
8	7/09	7/30	آرژنین	5/16	4/45	5/30	فنیل آلانین
3/90	9/86	11/80	آسپارژین	5/69	5/26	5/30	تیروزین
2/98	1/10	5/70	گلایسین	0/08	0/06	0/30	تریپتوفان
3/75	3/33	4/20	پرولین	6/54	6/45	7/10	والین
5	4/59	5/10	سیرین	9/47	13/40	10/30	گلوتامیک

اسید

* اسپیرولینا در محیط کشت Paoletti در آب شور

** اسپیرولینا در محیط کشت Paoletti در آب خروجی از دستگاههای نمک‌زدایی

2-Aslianti Y., 1988. Experiment on the mass production of dried of spirulina for fish and shrimp larvae food. Journal Penelitian Budidaya Pantai Maros, Indonesia. 4(2):40.

3-Belay, A., 2002. The potential application of *Spirulina* (Arthrospira) as a nutritional and therapeutic supplement in health management, JANA, Vol. 5, No. 2.

4-Choonawala, B., 2007. *Spirulina* production in brine effluent from cooling towers. Durban University of Technology. 421P.

5-Colla, L.M., Bertolin, T.E. and Viera Costa, J.A., 2004. Fatty acid profile of *Spirulina platensis* grown under different temperatures and nitrogen concentration. Zeitschrift fur Naturforschung. Journal of Biosciences, 59(1-2):46.

6-Falquet, J. 1999. A teaching module for the production of *Spirulina*, Antenna Technology, Geneve. 16P.

در این تحقیق میزان رنگدانه کلروفیل a اسپیرولینا 2/097 میکروگرم در میلی‌لیتر و میزان آستاگزانتین در اسپیرولینا با استفاده از استاندارد آستاگزانتین طی روش HPLC، 0/21 میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد. در حالیکه Jimenez و همکاران (2003) میزان کاروتنوئید پودر اسپیرولینا *Spirulina platensis* را 5/9-6 گرم در کیلوگرم و میزان کلروفیل آن را 6/6-9/2 گرم در کیلوگرم اندازه گرفتند.

در کل می‌توان نتیجه گرفت که با تغییر نوع محیط کشت، دما، زمان برداشت و شرایط کشت اسپیرولینا میزان ترکیبات شیمیایی آن خصوصاً پروتئین، اسیدهای چرب و کاروتنوئیدها تغییر خواهد کرد. در صورت کشت اسپیرولینا به منظور تولید پروتئین بهترین زمان برداشت صبح می‌باشد زیرا در زمان تاریکی اسپیرولینا عمل تنفس انجام داده و در اثر متابولیسم پروتئین تولید شده است.

منابع

1- هوف، ق. و اسنل، ت.، 1387. تکثیر و پرورش غذای زنده، دستورالعمل تکثیر و پرورش پلانکتون‌ها. ترجمه: قباد آذری تاکامی و م. امینی چرمهینی. موسسه انتشارات دانشگاه تهران، 342 صفحه.

- pathogen-free *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture*, 255:600-605.
- 12-Regunathan, C. and Wesley, S.G., 2006.** Pigment deficiency correction in shrimp broodstock using *Spirulina* as a carotenoid source. *Aquaculture Nutrition*, 12:425-432.
- 13-Sanchez, M., Bernal-Castillo, J., Rozo, C., Rodriguez, I., 2002.** *Spirulina*: An edible microorganism: A review, Colombia. 8P.
- 14-Todd, L., 2000.** A review of *spirulina* as a carotenoid and vitamin source for cultured shrimp. *Spirulina Pacifica Technical Bulletin* #050, 8P.
- 15-Volkman, H., Imianovsky, U., Oliveira, J.L.B. and Sant Anna, E.S., 2008.** Cultivation of *Arthrospira platensis* in desalinator wastewater and salinated synthetic medium: Protein content and amino acid profile. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39:1-4.
- 7-Ingthamjitr, S., 1989.** Use of *Spirulina* in the culture of *Penaeus monodon* larvae. Asian Inst. of Technology, Thailand. 86P.
- 8-Jimenez, C., Cossio, B.R., Labella, D. and Xavier Niell, F., 2003.** The feasibility of industrial production of *spirulina* in southern Spain. *Aquaculture*, 217:179-190.
- 9-Jourdan, P., 2001.** Manual of small scale *Spirulina* culture, Antenna Technologies, 16P.
- 10-Otles, S. and Prire, R., 2001.** Fatty acid composition of chlorella and *spirulina* microalgae species. *Journal of AOAC International*, Vol. 84, No. 6.
- 11-Rahman, M.M., Escobedo-Bonilla, W.M., Alday Sanz, V., Audoorn, L., Neyts, J., Pensaert, M.B., Sorgeloos, P. and Nauwynck, H.J., 2006.** Clinical effect of cidofovir and a diet supplemented with *Spirulina platensis* in white spot syndrome virus (WSSV) infected specific

Chemical composition of *Spirulina* powder

- **Mansoreh Ghaeni***: Islamic Azad University, Ahwaz Branch, P.O.Box: 1915 Ahwaz, Iran
- **Mohammad Matinfar**: Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, # 14, Shahid Falahi Ave., Zip cod: 1987974635, Tehran, Iran
- **Laleh Roomiani**: Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O.Box: 14155-4933 Tehran, Iran
- **Nasrin Choobkar**: Islamic Azad University, Kermanshah Branch, P.O.Box: 6718997551 Kermanshah, Iran

Received: September 2009

Accepted: January 2010

Keywords: *Spirulina*, Chemical composition, Pigments

Abstract

In this study, *Spirulina* has been cultured in semi mass scale in greenhouse in order to control light and temperature. Since, maximum growth of *Spirulina* had been observed; they harvested and dried to produce *Spirulina* powder. Its chemical composition had been analyzed by common methods, then fatty acid and aminoacid profile had been taken by gas chromatography and HPLC device. Also the amount of chlorophil and astaxantine as an important pigments had been measured by spectrophotometry and HPLC. The results showed, protein and fat of *Spirulina* was 46.6 and 0.1 percent, respectively. Chlorophil was 2.097 μ g/ml and astaxantin by using astaxantin standard was 0.21mg/kg.