فناوری تولید غذا، مکمل ها و امنیت غذایی

مسعود سلطانی نجف آبادی

امنیت غذایی بر اساس تعریفی که سازمان خوار و بار ملل متحد (FAO) ارایه نموده است به شرح زیر تعریف می‌گردد: وقتی آحاد افراد جامعه در هر زمان دسترسی فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به غذای سالم و مغذی داشته باشند به قسمی که نیازمندی های روزانه و ترجیح غذایی برای یک زندگی سالم و فعال آنها فراهم گردد (FAO, 2003). چند رکن اساسی در این تعریف وجود دارد: فراهم بودن در هر زمان،به مفهوم امکان تولید پایدار غذا است. پس هر راهکاری که برای تولید غذا انتخاب می‌گردد بایستی دستخوش نوسانات اجتماعی، سیاسی، اقلیمی و مدیریتی قرار نگیرد. موضوع دیگر در این تعریف، سالم و مغذی بودن غذاست. تامین انرژی و پر کردن شکم افراد جامعه به هر قیمتی نبایستی انجام گیرد و سلامت افراد جامعه از طریق عدم مصرف مواد ناسالم و نیز عدم وقوع کمبود های مواد غذایی که بواسطه مصرف مواد غیر مغذی حاصل می شود، حایز اهمیت است. همچنین توجه به ترجیح غذایی در این تعریف قید شده است. به این معنا که بایستی آنقدر تنوع در غذای دردسترس فراهم باشد تا بتواند علایق و ذایقه های مختلف را تامین نماید.

غذا از نظر شیمی مواد به سه دسته اصلی طبقه بندی می شوند: هیدروکربن‌ها مانند نشاسته، پروتیین ها که در لبنیات و گوشت یافت می شوند و منابع انرژی که روغن ها در زمره آنها می‌باشد. بنابراین هر سیستم حاکمیتی برای تامین امنیت غذایی، به ناچار بایستی به طور عمده بر روی تامین این سه رکن تمرکزنماید. در کنار توجه به غذا، اهمیت مکمل های غذایی نباید مغفول بماند. مکمل های غذایی معمولا دربرگیرنده ویتامین ها، عناصر معدنی، فیبر، اسید های چرب و اسید های امینه می‌باشند. این مکمل ها از منظر تامین سلامت و بیشتر برای اقشار خاصی از جامعه تهیه می شوند. با این حال به لحاظ ارزش افزوده ای که تولید این گونه مواد دارند و بازار بزرگی که در عرصه جهانی به خود اختصاص داده اند، در این مقاله به تولید آنها از روش کارآمد تری می پردازیم.

مولفه های تولید غذا در ایران

مهمترین منبع تولید هیدروکربن به فرم نشاسته بوده که از کشت گندم حاصل می آید. در سال ۱۳۹۴- ۱۳۹۳ مقدار تولید گندم آبی و دیم مجموعا ۱۱،۵۲۲،۳۱۸ تن بوده است. تولید گندم در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ به مقدار ۱۳/۵ میلیون تن رسید و برآورد ها حاکی از تولید ۱۳/۵ میلیون تن گندم در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ است (FAO, 2017). بنابراین تولید گندم به عنوان مهمترین منبع غذای مردم ایران از نقطه نظر نشاسته در وضعیت پایدار قرار دارد. این پایداری تولید ناشی از وقوع همزمان چند عامل مهم نظیر اجرای برنامه های افزایش بهره وری از طریق بکارگیری نهاده های با کیفیت نظیر بذور اصلاح شده، تامین کود و سم از منابع معتبر، توسعه کشت مکانیزه و همچنین تعیین قیمت مناسب برای خرید گندم کشاورزان بوده است. با این حال نقش موثر اقلیم و بارش های موثر و به موقع را نیز در حصول این نتیجه نبایستی از نظر دور انگاشت.

تولید پروتیین در کشور منوط به فراهمی غذای دام و طیور است. در حال حاضر حدود ۱۹ میلیون تن خوراک دام و طیور در کشور تولید می شود خال آنکه میزان مصرف انواع خوراک دام و طیور در کشور بالغ بر ۷۰ میلیون تن است. بتابراین حدود ۲۷ درصد خواک دام و طیور در کشور تولید می شود. ذرت به عنوان یکی از منابع اصلی غذای دام و طیور مطرح می باشد. خوراک های وارداتی بیشتر در جیره های طیور وارد می شوند. محصولاتی مثل ذرت نیاز آبی بالایی دارند که با توجه به محدودیت هایی که در تامین منابع آبی در کشور وجود دارد، تولید آن در کشور با مشکل مواجه شده است. عمده خوراک وارداتی کشور شامل ذرت و کنجاله سویا است (مدیرکل دفتر بهبود تغذیه و جایگاه دام وزارت جهاد کشاورزی). استفاده از گیاهان علوفه ای با نیاز آبی کم نظیر سورگوم و چغندر علوفه ای به عنوان راهکاری برای تامین بخشی از نیاز های کشور به خوراک دام مطرح شده است.

روغنها و چربی‌ها اهمیت فوق‌العاده‌ای در رژیم غذایی انسان دارند به‌طوری که سازمان بهداشت جهانی و سایر مراجع علمی ذی‌ربط دریافت ۲۵الی ۳۰درصد انرژی رژیم غذایی را از آن‌ها توصیه کرده‌اند. واردات سالیانه روغن نباتی به کشور حدود یک و نیم میلیون تن است (انجمن صنایع روغن کشی ایران) . به عبارت دیگر ایران با مصرف سرانه حدود ۱۹ کیلوگرم روغن نباتی، تنها قادر به تولید ۱۰ درصد نیاز خود در داخل می باشد. وابستگی حدود ۹۰ درصدی به واردات روغن

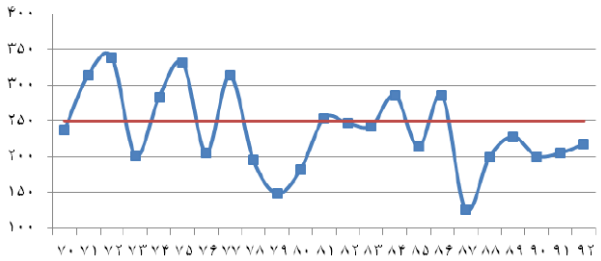
سالهاست که توجه متخصصین برنامه ریزی و تولید را به خود جبل نموده است، لیکن عواملی مانند آنچه در زیر بحث خواهد شد مانع از کاهش این سطح از وابستگی شده است.

الف:کم آبی

ایران در محدوده ۲۵ درجه و سه دقیقه الی ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. با توجه به تجزیه‌های صورت گرفته بر روی شاخص باران موثر، ایران به چهار ناحیه اقلیمی تقسیم می‌گردد:

۱- منطقه خشک که مقدار بارش موثر آن کمتر از ۱۶ میلی‌متر است و شامل بخش عظیمی از شرق و جنوب شرق و مرکز ایران است، ۲- منطقه نیمه خشک که شامل قسمت‌های زیادی از نواحی شمال شرقی و جنوب غربی است و بارش موثر آنها بین ۱۶ و ۳۲ میلی‌متر متغیر است، ۳- مناطق نیمه مرطوب که بخش‌هایی از نواحی مرتفع کوهستانی غرب و شمال غربی ایران را می‌پوشاند با مقدار باران موثر بین ۳۲ و ۶۴ میلی‌متر و ۴- مناطق مرطوب با مقدار بارش موثر بیشتر از ۶۴ میلی‌متر که نواحی ساحلی خزر هستند.

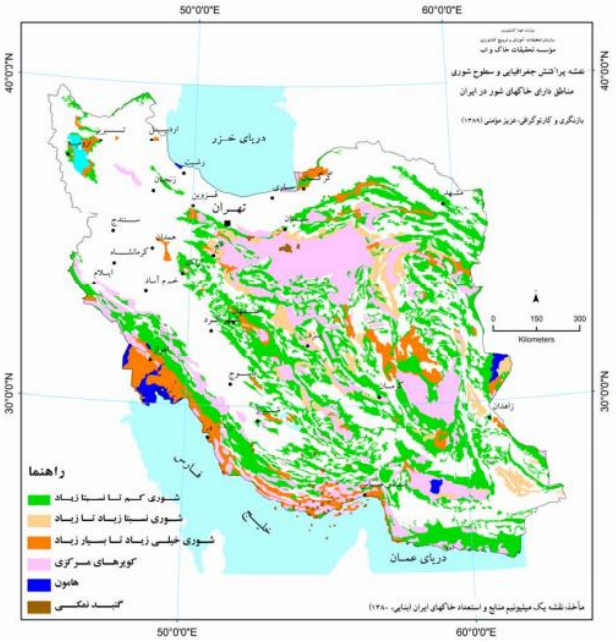
بروز خشکسالی های طولانی مدت که بواسطه کاهش نزولات آسمانی در سالهای اخیر رخ داده است (شکل ۱)، و نیز استخراج بی رویه آب های زیر زمینی که بواسطه حفر بی رویه چاه‌های آب انجام شد، زراعت محصولات را با محدودیت مواجه نموده است. قرار گیری سطح عظیمی از کشور در اقلیم خشک و نیمه خشک، تولیدات کشاورزی و از جمله روغن را دچار تهدید کرده است. لازم به ذکر است که عدم اعمال سیاست های حمایتی دولتی و نیز قیمت بالاتر محصولاتی نظیر دانه آفتابگردان زمانی که برای مصارف آجیلی مورد استفاده قرارگیرد مانع از اختصاص زمین های مرغوب و دارای آب مناسب به کشت دانه های روغنی شده است. برای مثال کشاورزان کشت محصولاتی نیازمند آب فراوان نظیر هندوانه را به کشت دانه های روغنی ترجیح داده اند.



شکل ۱: پراکنش بارندگی در سالهای بین ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۲ کشور ایران (اعداد به میلی متر هستند). منبع: سازمان هواشناسی کشور.

ب: شوری

وجود شوری در خاک و آب‌های کشاورزی، تولیدات کشاورزی را با محدویت‌های جدی مواجه نموده است. در حال حاضر ۵۰ درصد اراضی تحت شبکه‌های آبیاری مدرن وسنتی کشور(فاریاب) با مشکل شوری، سدیمی وماندابی شدن مواجه است. بر اساس اطلاعات ارایه شده در سال ۲۰۰۲، اراضی شور ایران در حدود ۲۵ میلیون هکتار تخمین زده شد (اطلاعات از موسسه تحقیقات آب و خاک) که این مقدار با روندهای تسریع کننده شوری خاک نظیر ادامه روش‌های غلط آبیاری، زهکشی‌های نامناسب، بهره برداری نامناسب از منابع آب زیر زمینی و... در حال حاضر افزایش چشمگیری یافته است به طوری که تخمین زده شده که حدود ۷۵ درصد اراضی آبی ایران تحت تنش شوری هستند. استفاده از سیستم‌های آبیاری ناصحیح منجر به افزایش شوری خاک و به تبع آن شوری آب شده است. سطوح اراضی شور در ایران قابل توجه است (شکل ۲). غیر از نواحی کوهستانی، تقریبا اغلب نواحی کشور از شوری های کم تا متوسط رنج می‌برد. به نظر می‌رسد سیستم های کشتی که قادر به تولید در شرایط شور باشند به عنوان راهکار هایی مکمل برای سیستم کشاورزی ایران مورد استفاده قرار گیرند. کشت و توسعه زراعت شورزی (شورپسند) از راهکار های پیشنهادی می باشد.



شکل ۲: نقشه پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری اراضی دارای خاک‌های شور در ایران. اطلاعات از موسسه تحقیقات آب و خاک.

ج: تغییر اقلیم:

پدیده جهانی تغییر اقلیم نیز اثرات عمیقی بر تولید غذا در ایران از طریق کاهش نزولات جوی و افزایش دما گذاشته است. بر اساس پیش بینی ها، دوره‌های طولانی مدت خشکسالی امری اجتناب ناپذیر بوده و از طرفی افزایش دمای حداقل شب، کاهش عملکردهای تا ۱۵ درصد را در وضعیت موجود تولید به همراه خواهد داشت (Ali *et al.*, 2017). پدیده تغییر اقلیم تنها باعث کاهش نزولات نمی‌شود، بلکه از سوی دیگر باعث اختلال در پراکنش بارش‌ها می شود که در نتیجه خطرات سیل و شرایط غرقابی را سبب می شود. بنابراین کشت در مزرعه در شرایط ایجاد شده تغییر اقلیم بسیار ریسک پذیر است.

د: برنامه ریزی‌های نا پایدار و غیر فراگیر در حوزه لحاظ تولید پایدار و امنیتی

هرچند که وزارت جهاد کشاورزی متولی اصلی تامین غذا و امنیت غذایی در کشور است، وجود تنگناهای شدید در هر برهه نظیر جنگ، موج رشد صنعت، عدم اختصاص اعتبار کافی به بخش تولیدات کشاورزی و عوامل دیگر که در جای خود قابل بحث می‌باشند، مانع از برنامه‌ریزی های دراز مدت برای تولید پایدار شده است. به این عوامل، الگوبرداری سیستم تولید کشاورزی از کشورهای پیشرفته که اغلب دارای اقلیم کاملا متفاوت با ایران هستند را نیز بایستی اضافه نمود. توسعه کشت ذرت در ایران، ورود و معرفی کلزا به عنوان گیاه نجات دهنده تولید روغن نباتی به ایران، توسعه کشت و صادرات آب کشور از طریق کشت صیفی جات و ...از زمره این موارد می‌باشند. در هر زمان با الگو برداری ناصحیح و نامتناسب از کشورهای پیشرو در عرصه کشاورزی، در واقع از ظرفیت‌های بومی فاصله گرفته شد. این مشکلات در واقع به عدم بررسی دقیق و اکولوژیک الگوی کشت مربوط می‌شود.

عدم رعایت الگوی کشت و تولید، برنامه ریزی های غیر اصولی در استفاده بی رویه و غیر حساب شده از منابع آب‌های زیر زمینی و آبیاری‌های غیر اصولی، هم منجر به کاهش سطح سفره‌های زیر زمینی و هم گسترش عارضه شوری خاک و آب شده است. بررسی های میدانی که عمدتا در مناطق کشت دانه‌های روغنی کشور انجام شده گویای افت شدید سطح سفره‌های آب زیر

زمینی در طی سال‌های اخیر است. در سال‌های بعد از پیروزی انقلات اسلامی، توجه به تولید بدون لحاظ پایداری آن معطوف گردید که ماحصل آن پیامدهای جبران ناپذیر زیست محیطی، از آلودگی محیط تا کاهش سطح سفره‌های زیر زمینی می‌باشد. زمانی که کشاورزان ادعای فراهمی آب می‌نمایند و منتظر رسیدن بذر برای کشت هستند، آب فراهم شده از اعماق ۲۵۰ متری خاک استخراج شده است. در حالی که همین آب تا ۱۰ سال پیش از عمق ۱۰۰ متری استخراج می‌گردید.

تولید نشاسته به عنوان یکی از غذاهای اصلی از طریق کشت گندم صورت می‌گیرد. گندم در شرایط ایران دارای پتانسیل عملکرد خوبی است. از آنجا که هنوز سیستم تولید کننده نشاسته (غیر از سیب زمینی و برنج) معرفی نگردیده است و بخش عمده ای از مناطق مستعد کشت در کشور به تولید گندم اختصاص داده شده، همچنین شرایط خودکفایی این محصول فراهم شده است، به نظر می‌رسد در حوزه تولید گندم به امنیت غذایی با پارامتر های خاص آن نایل شده ایم. اکنون به طور مقایسه ای به برخی از شرایط و مولفه های تولید گندم و کلزا (به عنوان یکی از منابع تولید روغن) اشاره می نماییم.

از سوختن هر گرم روغن در بدن، انرژی تقریبا دو برابر سوخت یک گرم قند و یا پروتیین حاصل میشود. بنابراین منطقی به نظر میرسد که انرژی مورد نیاز برای تولید یک گرم روغن در گیاه، دو برابر انرژی مورد نیاز برای تولید یک گرم نشاسته باشد. این موضوع در مقایسه عملکرد مزرعه گندم و کلزا مشاهده می‌شود. چون در دانه کلزا موادی با دو برابر انرژی بیشتر از گندم وجود دارد، پس عملکرد دانه کلزا حدود نصف گندم است (شش تن در هکتار عملکرد گندم و سه تن در هکتار عملکرد کلزا). چنانچه بخواهیم عملکرد دانه این دو محصول بیشتر شود بایستی به طریقی مدت زمان فوتوسنتز را در گیاه کلزا افزایش دهیم. به عبارت بهتر طول ماندگاری فعال (یعنی گیاه در حال فتوسنتز و اولید باشد) را افزایش دهیم. در حالت فعلی کلزا و گندم در یک منطقه هر دو در پاییز کشت می شوند. گندم در اوایل تابستان و کلزا در اواسط تابستان برداشت می شود. پس برای افزایش ماندگاری فعال بایستی کلزا تا اخر تابستان در زمین مانده و تولید کند. این ماندگاری بیشتر در مزرعه با جذب بیشتر انرژی خورشیدی، گرمتر شدن گیاه و نیاز به آب بیشتر برای خنک شدن همراه است. پس جبران عملکرد دانه نیازمند مصرف آب بیشتر است. ولی زمانی که با کمبود آب مواجه هستیم. پس به نظر میرسد بایستی یکی از دو شیوه زیر را انتخاب نماییم:

- تولید بیشتر محصولات استراتژیک (گندم) در مزرعه و واردات بیشتر روغن
- تولید بیشتر محصولات استراتژیک (گندم) در مزرعه و تولید روغن بیشتر به صورت *ex situ*

گزینه اول که در حال حاضر نیز انجام می شود. نگاهی به وضعیت تولید و مصرف روغن در کشور (جدول ۱) و مصرف سرانه روغن در کشور که در حال افزایش است، لزوم تصمیم گیری های جدی را در این موضوع خاطر نشان می نماید. مصرف سرانه روغن که در سال ۱۳۸۲ به رقم ۱۶/۸ کیلوگرم رسیده بود، در سال ۱۳۹۵ به حدود ۲۰ کیلوگرم رسیده است، این در حالی است که متوسط مصرف سرانه دنیا ۱۲/۵ کیلوگرم است. چنانچه مصرف سرانه روغن به سطح مصرف سرانه جهان نزدیک شود، تقریبا ۴۰ درصد کاهش واردات خواهیم داشت. با این حال همچنان در ۵۰ درصد روغن وابسته به خارج خواهیم بود.

گزینه دوم، گزینه ای جدید و قابل بحث است. در این راهکار از زمین های با کیفیت برای کشت گندم استفاده می شود و به جای استفاده از زمین ها و آبهای با کیفیت کم برای تولید روغن، که باعث افت تولید می شود، کشت از وابستگی به خاک خارج می شود.

در ایران دو منبع عظیم آب شور (در شمال و جنوب کشور) و نور فراوان که لازمه فتوسنتز است وجود دارد. بنابراین چنانچه بتوان تمرکز بر تولید را به سوی استفاده از تولید کنندگان شورزی و یا نمک دوست هدایت نمود، راهکاری بی تظیر پدید خواهد آمد. در آب دریاها و اقیانوسها موجوداتی زندگی می‌کنند که بخش اعظمی از تثبیت کربن در جهان را اتجام می هند. این تولیدکنندگان غذا جلبکها هستند که به دو فرم ماکرو و میکرو وجوددارند. میکرو جلبکها همان فیتوپلانکتون ها هستند که ارزش بی نظیری در تامین اکسیژن اتمسفری و شروع کننده زنجیره های غذایی هستند. ماکروجلبکها با ابعادی تا چند متر نیز در زمره تولید کنندگان غذا در محیط های آبی قرار دارند.

جدول ۱: وضعیت تولید، مصرف سرانه و واردات روغن نباتی به کشور تا سال ۱۳۸۱.

سال	مصرف سرانه (کیلوگرم)	جمعیت کشور (میلیون نفر)	کل مصرف روغن نباتی (هزار تن)	تولید روغن نباتی داخلی (هزار تن)	خوداتکایی (درصد)
۱۳۴۰	۲/۵	۲۰/۰	۵۰/۳	۳۸/۲	۷۶/۰
۱۳۵۰	۴/۷	۲۹/۵	۱۴۰/۳	۵۰/۳	۳۵/۸
۱۳۵۵	۹/۵	۳۳/۷	۲۴۰/۳	۶۴/۷	۲۶/۹
۱۳۶۵	۸/۴	۴۹/۵	۳۱۴/۹	۳۱/۵	۱۰/۰
۱۳۷۰	۱۲/۱	۵۵/۸	۶۱۲/۴	۴۲/۴	۶/۹
۱۳۷۵	۱۳/۱	۶۰/۰	۷۶۲/۲	۵۷/۶	۷/۶
۱۳۷۹	۱۵/۸	۶۴/۰	۱۰۱۸/۰	۷۷/۰	۷/۶
۱۳۸۰	۱۶/۶	۶۴/۴	۱۰۸۳/۸	۷۴/۸	۶/۹
۱۳۸۱	۱۶/۶	۶۵/۰	۱۰۷۲/۰	۹۳/۷	۸/۸

ماخذ: طرح تامین منابع روغن‌نباتی کشور ۹۳-۱۳۸۴

جلبک‌ها

جلبک‌ها تقریبا در همه نقاط زمین یافت می‌شوند. این موجودات وابسته به طبقه سیستماتیکی خاصی نبوده و طیف وسیعی از گونه‌ها را در بر می‌گیرند. به عبارت بهتر واژه ریز جلبک واژه عمومی بوده و اساس طبقه‌بندی علمی ندارد. جلبکها به دو فرم تک سلولی (ریز جلبک) و چند سلولی (درشت جلبک) وجود دارند.

جلبک‌ها موجوداتی کلروفیل‌دار هستند و غذای خود را از فتوسنتز به دست می‌آورند. پیکر جلبک‌ها از ریسه تشکیل شده است. ریسه یا تال به ساختارهای ساده‌ای گفته می‌شود که بر خلاف گیاهان عالی به صورت ریشه، ساقه و برگ تمایز نیافته‌اند. دامنه پراکندگی جلبک‌ها بسیار وسیع است و بر این اساس یک جور طبقه بندی به شرح زیر ارایه می‌شود:

جلبک‌های هوایی: جلبک‌هایی که در خارج از آب یا خاک زندگی کرده و غالبا روی تنه درختان و صخره‌ها به سر می‌برند.

جلبک‌های خاکزی: اغلب روی خاک‌های نمناک زندگی می‌کنند. جلبک های آبزی که خود به دو گروه تقسیم می‌شوند: الف- جلبک‌های آب شور ب- جلبک‌های آب شیرین، جلبک‌هایی با زیستگاه‌های غیر معمول: الف- جلبک‌های برف و یخ ب- جلبک‌های گرمادوست پ- جلبک‌های نمک دوست ت- جلبک‌های همزیست ث- جلبک‌های انگل.

جلبک‌ها دارای دامنه وسیعی از کاربردها به شرح زیر می‌باشند:

1. به عنوان منبع اولیه مواد آلی و انرژی،
2. به عنوان غذای انسان
3. به عنوان علوفه و مکمل غذایی برای دام و طیور
4. استفاده در کشاورزی
5. استفاده در صنعت
6. در درمان بیماری‌ها

7. استفاده در پژوهش های زیستی
8. استفاده برای تصفیه آب

ریز سازواره‌های فتوسنتز کننده مانند ریز جلبک‌ها و سیانوباکترها پایه بسیاری از زنجیره‌های غذایی را در دنیای آبزیان تشکیل می‌دهند و استفاده از آنها سبب بهبود کیفی غذای انسان و دام و ارتقای سلامت آنها می‌شود (Reinehr and Costa 2006).

تولید تجاری ریز جلبک‌ها در دنیا ابتدا در ژاپن با کشت کلرلا و به دنبال آن با کشت اسپیرولینا اوایل سال ۱۹۷۰ در دریای تکسکوکو در مکزیک آغاز شد (Henrikson 2010). تولید انبوه این ریز جبلک در آب دریا می تواند صنعت تولید آن را بهبود بخشد و ممکن است در بسیاری از مناطق گرم و خشک یک ضرورت باشد (Materassi *et al.* 1984). از مزیت‌های مهم بسیاری از جبلک‌ها زیست آنها در شرایط اقیانوسها (آب شور) می‌باشد (Alvensleben *et al.* 2016). بنابراین در مناطقی که امکان تولید گیاهی به خاطر شرایط آب شور و زمین شور وجود ندارد، در صورت فراهمی آب شور (مانند کنار دریای عمان و خلیج فارس)، امکان کشت ریز جلبک‌ها وجود دارد.

جلبک‌ها دارای طیف وسیعی از ترکیبات آلی و معدنی هستند(Alvensleben *et al.*, 2016) . همین موضوع باعث روی آوردن شمار زیادی از حوزه‌های غذایی و صنعتی به سوی این منابع شده است. اولین کاربردهای صنعتی استفاده از ریز جلبک‌ها در تولید پروتیین‌ها بود (Giec and Skupin 1988). بعدا موضوع تولید روغن از تک سلولی‌ها مطرح گردید (Ratledge 2005).

تولید غذا و مکمل های غذایی از جلبکها

اولین کشوری که روش صنعتی کشت و پرورش جلبک را ابداع کرد ژاپن بود. تنها در سال ۱۹۹۵ در ژاپن ۲۲۰۰۰۰ تن جلبک بصورت غذای انسان مصرف شده است. استفاده از جلبک‌های دریایی بعنوان غذای جایگزین حاوی کمی پروتئین، تمام اسیدآمینه ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه مانند آراشیدونیک اسید، ایکوساپنتئنویک اسید و دوکوسوهگزائینویک اسید هستند. حدود ۶۰% تا ۷۰% وزن خشک اسپیرولینا پروتئین می باشد. امروزه از اسپیرولینا در کلوچه ها، نانها، سالاد و سوپ استفاده می نمایند و در کشورهای اروپایی برای بهبود رژیم غذایی قرصهای اسپیرولینا بصورت روزانه مصرف می شود. مصارف انسانی ترکیباتی همچون لامینارین و فوکوایدان‌ها متابولیت‌های ثانویه استخراج شده از جلبک‌ها (مانند ترکیبات هالوژنه)، عصاره‌های برگرفته از برخی جلبک‌های قرمز، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، هالوپرواکسیدازها می باشند. استفاده از جلبکها برای تغذیه انسان سابقهٔ طولانی دارد و به سالهای قبل از میلاد می رسد. طی قحطی بزرگی که در اواسط قرن نوزدهم در انگلستان بر اثر آلودگی قارچی سیب زمینی رخ داد، یک نوع جلبک قرمز دریایی جایگزین مهمی برای محصولات سیب زمینی شد. امروزه نیز در بسیاری از کشورهای آسیایی و اروپایی، به ویژه در کشورهایی که دارای سواحل طولانی با دریاهای آزاد هستند، به شکلهای مختلفی از جلبکها به منظور تغذیه استفاده می شود. مشتقات اسید آلژنیک همچنین در تهیه سوپ، خامه و سس و دیگر مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به رشد جمعیت و کمبود منابع کشاورزی در خشکی، این روشها می تواند به استفادهٔ بهینه از منابع کمک نماید. در بخشهای مختلف جهان بیش از یکصد نوع جلبک که عمدتاً از جلبکهای قهوه ای و قرمز هستند به عنوان غذا استفاده می شوند. تعداد اندکی از جلبکهای سبز نیز که مواد معدنی، ویتامین، قند و پروتئین بالایی دارند، به این منظور مورد استفاده قرار می گیرند.

برخی جلبکهای غذایی مهم عبارت اند از

-از جلبکهای قهوه ای جنسهای لامیناریا، سارگاسوم و آلاریا معروفند. در ژاپن غذاهای خاصی از لامیناریا و آلاریا تهیه می شود. در آمریکای جنوبی، نوعی جلبک قهوه ای را جمع آوری کرده و پس از خشک کردن و نمک زدن، به تدریج به مصرف تغذیه می رسانند. جلبکهای قهوه ای در حدود ۱۵٪ پروتئین، ۱۷ نوع اسید آمینه، ۱/۵۶٪ چربی و ۵۷٪ کربوهیدرات دارند. به علاوه، مقادیر مناسبی از مواد معدنی، کاروتن و برخی مواد دیگر را دارا می باشند.

-از جلبکهای قرمز جنسهای پورفیرا و کوندروس معروفند. پورفیرا از مهمترین جلبکهای قرمز است که توسط انسان به عنوان غذا مورد استفاده قرار می گیرد. در کشورهای ژاپن، اسکاتلند، انگلستان و آمریکا، با این جلبکها غذاهای محلی خاصی تهیه می کنند. در ژاپن سالانه مقادیر زیادی از این جلبک را به طور انبوه پرورش می دهند. روش مرسوم در ژاپن اینست که

بخشهایی از ساحل را در ماههای اکتبر تا نوامبر به وسیلهٔ فرو کردن نی های بامبو، محصور می کنند و سپس با استفاده از تورهای نایلونی یا الیاف گیاهی، بستر کشت جلبک پورفیرا را فراهم می سازند. استفاده از پورفیرا در ژاپن قدمتی ۳۰۰ ساله دارد و کشت انبوه آن سالانه درآمد هنگفتی را برای کشور ایجاد می نماید. در ژاپن به تنهایی حدود ۳۰ هزار تن پورفیرا در سال مصرف می شود. جلبک پورفیرا غنی از ویتامینهای A, B, C, D و E است و مقدار قابل توجهی پرتئین دارد. هر ۱۰۰ گرم پورفیرا به طور میانگین ۱۱/۴ گرم آب، ۳۵/۶ گرم پروتئین، ۰/۷ گرم چربی، ۴۴/۳ گرم کربو هیدرات و ۸ گرم مواد معدنی دارد. جلبک قرمز کوندروس به مقدار زیادی در آمریکا و اروپا به مصرف می رسد.

-از جلبکهای سبز، جنسهای اولوا و کلرلا معروفند. از اولوا که به خاطر شباهت پهنک آن به برگ گاهوی دریایی شهرت دارد، برای تهیه سالاد و سوپ استفاده می شود. یک گونهٔ معروف آن *Ulva lactuca* است. کلرلا از جلبکهای تک یاخته ای آبهای شیرین است و به راحتی به صورت انبوه کشت می شود. در کشور کوچک تایوان سالانه بیش از ۱۵۰۰ تن پودر جلبک کلرلا تولید می گردد. این جلبک در حدود ۳۰٪ پروتئین، ۱۵٪ چربی، ۳۰٪ کربوهیدرات و ۵ ٪ مواد معدنی دارد و در شرایط مناسب تا ۵۰٪ وزن خشک این جلبک را پروتئین و ۸/۵٪ آن را چربی ها تشکیل می دهند. پروتئینهای کلرلا تمام اسیدهای امینه ضروری را دارا هستند، از این رو در مسافرتهای فضایی به عنوان غذا مورد استفاده قرار می گیرند. برای تأمین غذای فضا نوردان در مسافرتهای طولانی، دانشمندان با استفاده از کلرلا، یک چرخه اکولوژیک طراحی کرده اند. میکروجلبکها با همه امتیازات برجسته، ارزنده ترین ماده زیستی روی کره زمین محسوب می شوند. آنها پایه و اساس زنجیره غذایی بوده و از قدرت تکثیر بالایی برخوردارند

تولید روغن ار ریز جلبک‌ها، یک راهکار مکمل

تولید روغن‌های خوراکی به طور عمده در جهان از گونه‌های دانه روغنی کلزا، آفتابگردان، سویا و تا اندازه‌ای پالم صورت می‌گیرد. محتوی روغنی این دانه‌ها بین ۱۸ درصد (در سویا) تا ۴۱ درصد (در کلزا) متغیر است (جدول ۱). عملکردهای سالیانه روغن در واحد هکتار این محصولات از ۶۳۶ کیلوگرم در هکتار در سال تا ۱۰۷۰ کیلوگرم متغیر است.

تعدادی از ریز جلبک‌ها قادر به تولید مقادیر بالای روغن در پیکره خود هستند (جدول ۲). ریز جلبک‌های روغنی قادر به تجمع روغن بین ۳۰ تا ۷۰ درصد وزن تر خود می‌باشند. از سوی دیگر دوره رشد ریز جلبک‌ها بین ۲۰ تا ۲۵ روز است، یعنی یک دوره ۲۵ روزه برای تجمع روغن در حد حداقل ۳۰ درصدی برای ریز جلبک‌های روغنی کفایت می‌کند. پس در طول سال، حدود ۱۱ دوره کشت برای تولید روغن از این ریز سازواره‌ها قابل انجام است.

مصرف زمین قابل کشت یکی از موضوعات چالش برانگیزی است که پیشتر به محدودیت‌های آن در ایران اشاره شد. بر اساس اطلاعاتی که در جدول ۱ ارایه شده است، کارآیی مصرف زمین به ازای تولید یک کیلوگرم روغن از گیاهان دانه روغنی ۱۱ تا ۱۸ متر مربع است. این در حالی است که ریز جلبک‌های روغنی ۰/۱ متر مربع برای تولید یک کیلو گرم روغن در سال احتیاج دارند. مقایسه سطح کشت مورد نیاز و نیز عملکرد سالیانه روغن بین گیاهان دانه روغنی و ریز جلبک‌های روغنی حاکی از وجود مزیت نسبی برای تولید روغن از این ریز سازواره ها دارد.

نکته قابل توجه این‌که، شمار زیادی از ریز جلبک‌های روغنی شور پسند هستند و در شرایط آب شور به راحتی تولید می‌نمایند. این موضوع با توجه به وجود محدودیت‌های آب شیرین کشاورزی برای تولید روغن از گیاهان دانه روغنی و فراهم بودن دو منبع عظیم آب شور در شمال و جنوب کشور، قابل توجه می‌باشد.

همانگونه که گفته شد، کاهش تدریجی نزولات جوی به همراه شور شدن تدریجی آب و خاک، سهم کشاورزی فاریاب را به مرور کاهش داده است و از طرفی تولید محصولات استراتژیکی مثل گندم همواره بایستی اولویت کشور باشد. ذکر این نکته ضروری است که تا کنون ریز سازواره‌ای که بتواند جایگزین و یا حتی مکمل تولید نشاسته با قابلیت نانوایی باشد، شناسایی نشده است. در ایران دو منبع عظیم آب شور، یکی دریای خزر و دیگری خلیج فارس و دریای عمان وجود دارد.

جدول ۱: مقایسه تولید روغن ریز جلبک‌ها با سایر منابع تولید روغن (Mata *et al.*, 2010).

گیاه دانه روغنی	محتوی روغن (درصد روغن به ازای وزن تر بیوماس)	عملکرد روغن (لیتر روغن در سال در هکتار)	مصرف زمین (متر مربع به ازای هر کیلوگرم روغن تولیدی در سال)
ذرت	۴۴	۱۷۲	۶۶
شاهدانه	۳۳	۳۶۳	۳۱
سویا	۱۸	۶۳۶	۱۸
جاتروفا	۲۸	۴۷۱	۱۵
کاملینا	۴۲	۹۱۵	۱۲
کلزا	۴۱	۹۷۴	۱۲
آفتابگردان	۴۰	۱۰۷۰	۱۱
کرچک	۴۸	۱۳۰۷	۹
نخل روغنی	۳۶	۵۳۶۶	۲
ریز جلبکهای با محتوی روغن کم	۳۰	۵۸۷۰۰	۰/۲
ریز جلبک با محتوی متوسط	۵۰	۹۷۸۰۰	۰/۱
ریز جلبک با محتوی روغن بالا	۷۰	۱۳۶۹۰۰	۰/۱

کیفیت روغن‌های حاصل از ریز جلبک

روغن تولید شده از ریز جلبک‌ها همانند روغن های گیاهی می‌باشد، بدین معنی که عمدتا از تری آسیل گلیسرول‌های حاوی اسیدهای چرب تشکیل شده‌اند. ترکیب اسیدهای چرب سازنده این مواد تا حد زیادی مشابه اسیدهای چرب موجود در روغن‌های گیاهی است. در جدول ۲ مقایسه‌ای بین نیم رخ اسید چرب تعدادی از گیاهان دانه روغنی با تعدادی از گونه‌های ریز جلبکی انجام گرفته است. روغن‌های تهیه شده از ریز جلبک‌ها منبع غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع و امگا ۳ می‌باشند. ذکر این نکته ضروری است که خواص مغذی و بالای روغن‌های ماهی به خاطر تغذیه آنها از ریز جلبک‌ها است. سالهاست که مصرف روغن ماهی برای بیماران قلبی و عروقی توصیه شده است. ۳۱ درصد مرگ و میرهای جهان ناشی از بیماری قلبی بوده که ۸۰ درصد آن در کشورهای با درآمد کم و متوسط روی داده است. سکته هم با اختصاص ۱۱/۸ درصد مرگ و میرهای جهان در رده دوم جای داشته است (Ng *et al.* 2014). مصرف روغن‌های نباتی اغلب به صورت مصرف سرخ کردنی می‌باشد. تحقیقات متعدد حاکی از اثرات زیانبار روغن‌های نباتی حرارت دیده بر سلامت انسان خصوصا از طریق ایجاد یا تشدید بیماری‌های قبلی و عروقی است (Harumi Okuyama *et al.* 2016, Ng *et al.*, 2014). مطالعات متعددی بر وجود اسید چرب امگا ۳ DHA به وفور در روغن‌های ریز جلبک ها اشاره دارند که مصرف آنها بر سلامت قلب و عروق اثرات ثابت شده‌ای دارد (Bernstein *et al.* 2012, Sanchez-Muniz *et al.* 2013).

جدول ۳: ترکیب کلی اسید های چرب در انواع گیاهان دانه روغنی (Bates and Browse 2012 و Bigongno et al., 2002)

منشا روغن	۱۴:۰	۱۶:۰	۱۶:۱	۱۶:۲	۱۶:۳	۱۸:۰	۱۸:۱	۱۸:۲	۱۸:۳ ω6	۱۸:۳ ω3	۱۸:۴ ω3	۲۰:۱	۲۲:۱	۲۰:۴ ω6	۲۰:۵ ω3
گلرنگ		۴				۱	۸	۸۷							
کتان روغنی		۶				۲	۱۹	۲۴	۴۷						
آفتابگردان		۷				۵	۱۹	۶۸							
سویا		۱۱				۴	۲۳	۵۴	۸						
کاملینا		۵				۳	۱۵	۱۵	۳۷			۱۶	۳		
آرابیدوپسیس		۹				۴	۱۴	۲۹	۱۹			۲۰	۲		
کلزای با اسید اولیک بالا		۴				۲	۶۰	۲۱	۱۰			۱			
پالم روغنی		۳۶				۲	۵۰	۸							
زیتون		۱۳	۱			۲	۷۷	۶	۱					۴۳	۱
Parietochloris incisa		۱۰	۲	۱	۱	۳	۱۶	۱۷	۱	۲					
Desmaresita acculeata	۴	۱۲	۲				۷	۶	۱۰	۲	۱۶			۱۹	۱۹
Dictyopteris membranaceae	۶	۲۰	۱			۲	۱۴	۱۴	۱۱	۲	۱۱			۱۱	۹
Ectocarpus fasciculatus	۲	۱۷				۱	۱۳	۴	۱۵	۱	۲۳			۱۱	۱۳
Ochromonas Danica	۱۳	۴				۳	۷	۲۶	۱۲	۷	۷			۸	
Gracilaria confervoides	۸	۱۸	۳			۱	۱۶	۲		۱	۱			۴۶	

ریز جلبک‌ها منشا بی‌بدیل روغن‌های با اسیدهای چرب بلند زنجیره غیر اشباع (Poly Unsaturated Fatty acids) هستند. از این بین اسید چرب docosahexaenoic acid (DHA) که اسید چربی با ۲۲ اتم کربن و امگا ۳ و شش پیوند غیر اشباعی است، اثرات اثبات شده‌ای در کاهش بیماری‌های قلبی دارد. همچنین اثرات آن بر کاهش افسردگی در انسان به اثبات رسیده است. به‌علاوه، اثرات مثبت مصرف آن بر زنانی که قصد بارداری دارند و نیز در دوره شیردهی تایید شده است. کسانی که از مکمل‌های DHA به مدت ۶ تا ۱۲ هفته استفاده نمایند، به‌طور مشهودی کاهش التهاب در بدن را گزارش نموده‌اند. امروزه مکمل‌های دارویی حاوی DHA با منشا جلبکی در بازار عرضه می‌شوند (شکل ۴)

شکل ۴: مکمل دارویی DHA مشتق شده از ریز جلبک‌ها.

اسید چرب eicosapentaenoic acid (EPA) اسید چربی با ۲۰ اتم کربن و پنج پیوند غیر اشباع و امگا سه می‌باشد. این اسید چرب عمدتا از روغن ماهی استحصال می‌شود، لیکن منشا اولیه آن ریز جلبک‌هایی است که توسط ماهی‌های خورده می‌شوند. اثرات این اسید چرب بر کاهش التهاب بدن و کاهش تری گلیسیریدهای خون اثبات شده است.
اسید چرب آراشیدونیک که اسید چربی با ۲۰ اتم کربن و چهار پیوند غیر اشباع است، جز اسیدهای چرب امگا شش می‌باشد. مصرف این اسید چرب بر رشد و نمو مغز جنین و نیز رشد و تکامل نوزادان به اثبات رسیده است.
هرچند این اسیدهای چرب به صورت خالص و با فرمولاسیون‌های طبی به بازار عرضه می‌شوند، روغن‌گیری از برخی گونه‌های ریز جلبکی روغنی (جدول ۲)، روغنی با کیفیت بالا و حاوی انواع PUFA را فراهم می‌نماید.
مقایسه پروفایل اسیدهای چرب روغن دانه گیاهان دانه روغنی مهم با ترکیب اسید چرب بین گونه‌های ریز جلبکی گویای این واقعیت است که انواع اسیدهای چرب در هر دو گونه گیاهی و جبلکی وجود دارد. لیکن اغلب گونه‌های ریز جلبکی حاوی مقادیر بالای اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره هستند. این موضوع به خودی خود اهمیت تمرکز بر روغن‌های استخراج شده از ریز جلبک‌ها را گوشزد می‌کند.
روغن‌های با منشا ریز جلبکی را به دو صورت می توان استفاده نمود:
الف: مصرف غیر سرخ کردنی: به دلیل وجود اسیدهای چرب غیر اشباع در ترکیب روغن‌های جلبکی، مصرف مستقیم روغن استخراج شده از ریز جلبک‌ها برای مصارف غیر سرخ کردنی توصیه می‌شود. در این نوع مصرف می‌توان از خواص دارویی اسیدهای چربی مانند DHA، EPA و آراشیدونیک اسید به طور کامل استفاده نمود. این قسم کاربرد را کاربرد به صورت ممنل دارویی و یا غذایی مینمامند.
ب: مصارف سرخ کردنی: برای ایجاد توازن بین اسید های چرب غیر اشباع و اسید های چرب اشباع و مشابه نمودن نیم رخ اسید های چرب ریز جلبک‌ها به روغن‌های گیاهی، می‌توان از تغییر دادن شرایط محیط کشت (Cicci and Bravi 2016, Khozin-Goldberg and Cohen 2006) استفاده نمود. با اعمال برخی تغییرات در محیط کشت ریز جلبک‌ها می‌توان موازنه بین اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع را مدیریت نمود. در این صورت می‌توان روغنی با کیفیت مشابه روغن کلزا و آفتابگردان بدست آورد. لازم به ذکر است که اغلب ریز جلبک‌ها حاوی مقادیر بالای پیش ویتامین A (به صورت کارتنوییدها) در پیکره خود می‌باشند (Tang and Suter 2011). همچنین ویتامین E که نقش آنتی اکسیدانتی قوی در موجودات زنده و از جمله انسان دارد، به وفور در برخی ریز جلبک‌ها مانند *Nannochloropsis oculata* (Durmaz 2007) و Dunaliella tertiolecta (Carballo-Cárdenas et al., 2003) یافت می‌شود. بنابراین روغن‌هایی که از ریز جلبک‌ها استخراج می‌شوند، نه تنها می‌توانند همانند روغن‌هایی باشند که از گیاهان دانه روغنی به دست می‌آیند، بلکه با دارا بودن میزان غیر اشباع بودن و محتوی ویتامین E بیشتر، از نظر تاثیر بر سلامتی بسیار کارآمدتر هستند. برای مقاصد سرخ کردنی، لازم است که سهم اسید های چرب امگا ۹ مانند اسید اولییک را در ترکیب روغن بالا برد. روغنهای دارای مقادیر بالای این اسید چرت نقطه دود بالایی دارند و بنابراین برای مقاصد سرخ کردنی مناسب هستند. روغن جلبکی که با نام اجاری Thrive® در کشور آمریکا تولید می شود برای مقاصد سرخ کردن به کار می رود. این روغن درای حدود ۹۰ درصد اسید چرب یک اشباعی (امگا ۹) است که پایداری حرارتی خوبی را اسبب شده است. این روغن فاقد اسید های چرب EPA و DHA است. تولید روغن های

خوراکی از ریز جلبکها در ابتدای راه خود قرار دارد. در دنیا یک یا دو برند محصولات خود را در این خصوص به بازار عرضه نموده اند.

ایران دارای موقعیت خاص خود از نظر سیاسی و منطقه ای می باشد. بنابراین نسخه هیچ کشور دیگری برای تولیدات آن و خصوص خود کفایی و امنیت غذایی قابل اجرا نیست. بنابراین عدم وجود الگوهای خارجی برای تولید غذا در حد موضوع امنیت غذایی با استفاده از جلبکها نبایستی راه را بر انجام این فعالییت در کشور کند نماید. تولید هوشمندانه با شناسایی مولفه های تولید و مدیریت آن، پتانسیل عظیم جلبکها را به عمل تبدیل خواهد نمود. این امر مستلزم همدلی همه محققین و مسولیین بخش اجرا و نیز سرمایه گزاران بخش خصوصی است.

منابع

Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Abdullah , Ilyas, A., and Ud Din, I. 2017. Climate change and its impact on the yield of major food crops: evidence from Pakistan. Foods 6:39.

Alvensleben, N., Magnusson, M. and Heimann, K. 2016. Salinity tolerance of four freshwater microalgal species and the effects of salinity and nutrient limitation on biochemical profiles. Journal of Applied Phycology, 28, 861-876.

Bates, P.D. and Browse, J. 2012. The significance of different diacylgycerol synthesis pathways on plant oil composition and bioengineering. Front Plant Sci, 3, 147.

Bernstein, A.M., Ding, E.L., Willett, W.C. and Rimm, E.B. 2012. A meta-analysis shows that docosahexaenoic acid from algal oil reduces serum triglycerides and increases HDL-cholesterol and LDL-cholesterol in persons without coronary heart disease. J Nutr, 142, 99-104.

Bigogno, C., Khozin-Goldberg, I., Boussiba, S. and S, V.A., Cohen Z. 2002. Lipid and fatty acid composition of the green oleaginous alga Parietochloris incisa, the richest plant source of arachidonic acid. Phytochemistry, 60, 497-503.

Carballo-Cárdenas E.C., Tuan P.M., Janssen M., and Wijffels R.H. 2003. Vitamin E (alpha-tocopherol) production by the marine microalgae Dunaliella tertiolecta and Tetraselmis suecica in batch cultivation. Biomol Eng. 20(4-6):139-47.

Cicci, A. and Bravi, M. 2016. Fatty acid composition and technological quality of the lipids produced by the microalga scenedesmus dimorphus 1237 as a function of culturing conditions Chemical Engineering Transactions, 49, 181-186.

Durmaz, Y. 2007. Vitamin E (α-tocopherol) production by the marine microalgae Nannochloropsis oculata (Eustigmatophyceae) in nitrogen limitation. Aquaculture.272(1-4): 717-722.

FAO. 2003. Trade reforms and food security, conceptualizing the linkage, FAO, Rom. Pp 251.

Giec, A. and Skupin, J. 1988. Single cell protein as food and feed. Nahrung, 32, 219-229.

Harumi Okuyama, Peter H. Langsjoen, Naoki Ohara, Yoko Hashimoto, Tomohito Hamazaki, Satoshi Yoshida, Tetsuyuki Kobayashi and Alena M. Langsjoen .2016. Medicines and vegetable oils as hidden causes of cardiovascular disease and diabetes Pharmacology 98, 134-170.

Henrikson, R. 2010. Spirulina world food how this micro algae can transform your health and our planet Maui, Hawaii: Ronore Enterprises.

Khozin-Goldberg, I. and Cohen, Z. 2006. The effect of phosphate starvation on the lipid and fatty acid composition of the fresh water eustigmatophyte Monodus subterraneus. Phytochemistry, 67, 696-701.

Mata, T.M., Martins, A. and Caetano, N.S. .2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 217-232.

Materassi, R., Tredici, M. and Balloni, W. 1984. Spirulina culture in sea water. Applied Microbiology and Biotechnology, 19, 384-386.

Ng, C.Y., Leong, X.F., Masbah, N., Adam, S.K., Kamisah, Y. and Jaarin, K. 2014. Heated vegetable oils and cardiovascular disease risk factors. Vascul Pharmacol, 61, 1-9.

Ratledge, C. 2005. Single cell oils: AOCS Press.

Reinehr, C.O. and Costa, J.A.V. 2006. Repeated batch cultivation of the microalga spirulina platensis. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 229, 937-943.

Sanchez-Muniz, F.J., Juana, A.B.d., Bastida, S. and Benedi, J. 2013. Algae and cardiovascular health. In Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals (Dominguez, H. ed. Oxford: Woodhead, pp. 369-414.

Tang, G., and Suter, P.M. 2011. Vitamin A, nutrition, and health values of algae: Spirulina, Chlorella, and Dunaliella. Journal of Pharmacy and Nutrition. 1(1):235-247.