



گزارش های دوره ای مکمل های غذایی بر پایه جلبک کلرلا

مکمل های غذایی بر پایه ریز جلبک



استاندارد های جهانی

Non-GMO/ HACCP/ GMP/

USDA ORGANIC/ HALAL/ ISO 22000-2018



حجم بازار بیش از ۴.۵ میلیارد دلار
با رشد سالانه مارکت بیش از ۵٪
طی بازه ۲۰۲۳-۲۰۱۷

تکنولوژی کشت و فرآوری توسعه یافته و بومی



تنوع محصولات

(پودر، قرص، کپسول، نوشیدنی)



امکان بروز عوارض جانبی در بعضی افراد
عدم وجود مطالعات کافی بر اثرات احتمالی
هزینه بالای توسعه و تحقیق



منبع غذایی جایگزین
ارزش غذایی بالا
خواص درمانی گسترده
دسترس پذیری و مقرون به صرفه
طبیعی و ارگانیک

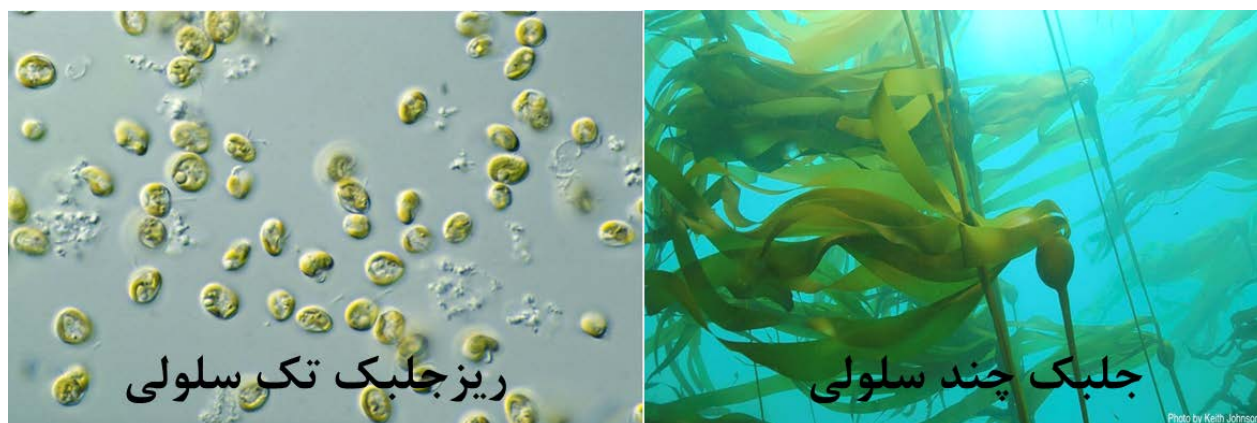


مناسب و مفید برای تمامی اقشار جامعه

خلاصه مدیریتی

۱. مقدمه

جلبک ها ارگانیزم های فتوسنتزی هستند که شامل گونه های متنوعی می شوند. امروزه جلبک ها کاربرد های بسیار مختلف و مهمی در صنعت دارند بطوری که از آن در مکمل های غذایی، زیست داروها، داروسازی، محصولات زیبایی، رنگ و نقاشی، مواد شیمیایی، سوخت های زیستی، روان کننده ها، کنترل آلودگی و تصفیه کننده ها بطور گسترده ای استفاده می شود [۱]. آنها از ریز جلبک های تک سلولی میکروسکوپی مانند کلرلا تا درشت جلبک های (جلبک های دریایی) قابل مشاهده با چشم غیر مسلح مانند کتانجک^۱ ها و جلبک های قهوه ای گسترده می باشند. آنها اغلب در محیط های آبی و بصورت خودپرور یافت می شوند [۲]. شکل (۱) نمونه ای ریزجلبک ها و درشت جلبک ها را نشان می دهد.



شکل ۱. نمایی از ریز جلبک تک سلولی کلرلا و جلبک دریایی چندسلولی کِلپ

^۱ Kelp

اگرچه هر دونوع جلبک خواص و ویژگی های متعددی از لحاظ ارزش غذایی و اقتصادی دارند اما با توجه به مزیت های ویژه کشت ریزجلبک ها و ارزش غذایی چشمگیر آنها که کاربرد های درمانی متنوعی می تواند داشته باشد، در این گزارش تنها به گونه های ریزجلبک پرداخته خواهد شد. از میان تمامی گونه های مطرح ریزجلبک ۲ نمونه کلرلا و اسپیرولینا بیشترین تمرکز مطالعاتی و تحقیقاتی را به خود اختصاص داده اند. بطور کلی هر دو نمونه غنی از پروتئین، مواد معدنی و آنتی اکسیدان ها می باشند با این وجود کلرلا مقدار کمی نسبت به اسپیرولینا ارجحیت دارد. از لحاظ ظاهری کلرلا دارای رنگی سبز می باشد که نشان از غنی بودن آن از رنگ دانه کلروفیل می باشد، در حالی که میزان کمتر این ماده در اسپیرولینا رنگی سبز-آبی به آن می دهد. شکل (۲) ظاهر فیزیکی پودر های ریزجلبک کلرلا و اسپیرولینا را نشان می دهد.



شکل ۲. تفاوت ظاهری کلرلا و اسپیرولینا به علت تغییرات رنگ دانه کلروفیل

کلرلا در مجموع دارای چربی و کالری بیشتری نسبت به اسپیرولینا می باشد و سطوح بالاتری از امگا ۳ دارد، با این حال اسپیرولینا ممکن است مقادیر پروتئین بیشتری داشته باشد. کلرلا همچنین یک کپک خاص به نام فاکتور رشد کلرلا (CGF)^۲ دارد که شامل گاما لینولنیک اسید می باشد که در سلامت قلب و تمرکز ذهن نقش مهمی ایفا می کند و توانایی مناسبی در سم زدایی دارد. از سوی دیگر اسپیرولینا حاوی غلظت هایی از

^۲ Chlorella Growth Factor

گیامغذی^۳ ها می باشد که در پیشگیری از سرطان موثر می باشد و در مبارزه با علائم آلرژی زا و تقویت سیستم ایمنی عملکرد مفیدی از خود نشان داده است [۳].

۲. ریز جلبک کلرلا

ریزجلبک کلرلا^۴ یک نوع جلبک های سبز آب شیرین می باشند که خواص بیولوژیکی و دارویی مهمی برای سلامت انسان دارند. جلبک کلرلا یکی منابع غنی پروتئین، کاروتنوئیدها (رنگ دانه ها)، پلی ساکارید ها، ویتامین ها و استرول ها می باشند [۴]. کلرلا متعلق به دسته بندی سلول های یوکاریوت (سلول های دارای هسته) از جلبک ها می باشد و در آب های شیرین به عنوان یک گیاه تک سلولی زیست می کند. اندازه آن در حدود یک گلبول قرمز انسان (قطری بین ۲ تا ۸ میکرون) می باشد. علت نامگذاری این ریزجلبک، مقادیر بالای کلروفیل موجود در آن می باشد که به آن خاصیت رنگ غالب سبز زمردی می بخشد. کلرلا غنی از پروتئین ها، ویتامین ها، مواد معدنی، فاکتور رشد کلرلا و دیگر مواد مفید می باشد. تحت شرایط رشد مطلوب، نور خورشید مناسب، آب خالص و هوای تمیز، کلرلا با نرخ چشمگیری تکثیر پیدا می کند. فرآیند رشد عموماً می تواند به چند مرحله تقسیم شود؛ رشد، به عمل آمدن، بلوغ و تقسیم. این چرخه تولید و تکثیر در کمتر از ۲۴ ساعت رخ می دهد.

تا به امروز گونه های متعددی از کلرلا کشف شده است، با این حال دو گونه کلرلا ولگاری^۵ و پیرنوید وزا^۶ بیشتر از بقیه گونه شناخته شده است. اگرچه هردو مواد مغذی بی نظیری فراهم می کنند با این وجود تحقیقات نشان می دهد که پیرنوید وزا دیوار سلولی ضخیم تری نسبت به ولگاری دارد و علاوه بر اثر سم زدایی به نسبت بهتر و ارزش غذایی بالاتری نیز نسبت به گونه ولگاری از خود نشان می دهد [۵]. افزایش سهم غذاهای فرآوری شده و پالیده شده در رژیم غذایی مدرن می تواند کلرلا را به مکملی مهم برای افراد با دغدغه سلامت و تندرستی

^۳ Phytochemicals

^۴ Chlorella Microalgae

^۵ Chlorella Vulgaris

^۶ Pyrenoidosa

تبدیل کند. کلرلا همچنین حاوی مواد محرک رشد می باشد که می تواند کاربرد گسترده ای در نوشیدنی های مخمری و نون ها داشته باشد که آن را ارزشمند تر می کند. برای مثال مشاهده شده است که افزودن عصاره کلرلا می تواند ظاهر و طعم قرص نان را بهبود بخشد و نان را برای مدت طولانی تری تازه نگه دارد. بطور کلی کلرلا در مواد غذایی مختلفی مانند کپک ها، شیرینی ها، پنیرها، بستنی ها، مایونزها، پاستاها، برنج و نوشیدنی ها می تواند اضاف شود و طعم آنرا نیز بهبود بخشد. کلرلا می تواند بصورت کپسول، قرص یا پودر مصرف شود و همچنین به غذاهایی مانند ماکارونی یا کیک اضافه شود. به هر صورت و شکلی که این ریزجلبک مصرف شود، این مکمل می تواند مواد مغذی رژیم روزانه شما را فراهم آورد [۶].

۲.۱ ترکیبات و خواص

ابرغذاها یا سوپرفود^۷ ها به مواد غذایی طبیعی گفته می شود که حاوی مقادیر فراوانی ریز مغذی و سایر مواد غذایی باشند بطوریکه با مواد غذایی متداول و مصرفی روزانه متفاوت بوده و از این نظر ارزش غذایی بیشتری دارند که برای مثال می توان به ماهی سالمون، کلم بروکلی، بلوبری یا موز اشاره کرد. امروزه این مواد غذایی ارزشمند به گونه ای بررسی و طبقه بندی میگردد که پاسخگوی کمبودهای غذایی نیازهای بدن باشد.

یکی از سوپرفود هایی که امروزه توجه بسیاری از متخصصین و تغذیه دانان را به خود جلب کرده است ریزجلبک ها می باشند. خواص درمانی و دارویی بسیار زیادی از مصرف این ریزجلبک ها گزارش شده است که می توان به کاهش وزن، چربی، کلسترول و قند خون افراد اشاره کرد. طی سالیان متمادی، در طب سنتی از خواص جلبک ها جهت درمان بیماری های التهابی استفاده شده است که علت آن وجود ویتامین ها، مواد مغذی، مواد معدنی و آنتی اکسیدان های موجود در آن می باشد. با توجه به مطالعات صورت گرفته، مشاهده شده است که طی مصرف ۸ هفته ای این ماده، سیستم ایمنی بدن تقویت یافته و توانایی بهتری در نابودی باکتری های مضر و عوامل بیماری و عفونت زدا شده است. این ریزجلبک ها با برقراری پیوند و پاک سازی سریع، قادر به پاک سازی

^۷ Superfood

فلزات سنگین و سموم موجود در ماهیان، گیاهان و سبزیجات مصرفی در رژیم انسان می باشند. همچنین با تاثیر بر شرایط پاتولوژیکی (استرس اکسیداتیو)^۸ و آنتی اکسیدانی بدن نقش موثری بر کاهش سرعت روند پیری خواهد داشت و از آتروپی عضلات جلوگیری می کند. مصرف این ریزجلبک می تواند باعث پیشگیری از سرطان، کمک به مبارزه با سلول های غیرطبیعی ناشی از سرطان و در مورد های مشخص بهبود کیفیت زندگی زنان مبتلا به سرطان سینه شود [۷].

ریزجلبک کلرلا به علت خواص بی نظیر و چشمگیر یکی از سوپرفود های مهم می باشد، در حالی که مقادیر دقیق مواد مغذی آن بستگی به شرایط رشد، گونه انتخابی و نحوه فرآوری آن دارد. جدول (۱) بخشی از ترکیبات با ارزش موجود در این ریزجلبک را نشان می دهد [۸].

جدول ۱. مواد مغذی موجود در ریزجلبک کلرلا (در هر ۱۰۰ گرم)		
ترکیبات اصلی		
نوع ماده	مقدار	توضیح
پروتئین	۵۰-۶۰٪	منبع کامل پروتئین حاوی ۹ اسید آمینه ضروری
کربوهیدرات	کمتر از ۲۰٪	
چربی	کمتر از ۲۰٪	
ویتامین ها		
ویتامین C	۱۰-۲۰۰ میلی گرم	بهبود تولید پروتئین های تقویت کننده ایمنی - کمک به جذب آهن

^۸ Oxidative Stress

سلامت بینایی، مو و پوست- کمبود آن باعث مشکلات گوارشی و عفونت دستگاه تنفسی	۶۳۰-۲۵ میلی گرم	ویتامین A
آنتی اکسیدان بسیار قوی، بهبود ایمنی بخصوص در سالمندان	۴۵-۳ میلی گرم	ویتامین E
کاهش التهاب- تنظیم کننده جذب کلسیم- سلامت سیستم ایمنی	۱/۴ میلی گرم	ویتامین D
کمک به متابولیسم کربوهیدرات ها - بهبود عملکرد سلول های عصبی	۳-۱ میلی گرم	ویتامین B۱
ساخت سلول های قرمز خونی - بهبود فعالیت های سلولی انرژی زا	۷-۱ میلی گرم	ویتامین B۲
تولید پادتن ها - تولید هموگلوبین حامل اکسیژن در گلبول قرمز	۳-۱ میلی گرم	ویتامین B۶
کمبود آن باعث ضعف سیستم ایمنی بدن و سرماخوردگی مکرر- پایین بودن سطح انرژی- رنگ پریدگی- مشکلات گوارشی	۳-۰/۳ میلی گرم	ویتامین B۹
توسط گیاهان تولید نمی شود و در گوشت و لبنیات یافت می شود.	۵۰۰-۲۰ میکرو گرم	ویتامین B۱۲
بهترین عامل در سلامت سیستم ایمنی- وابستگی زیاد جذب به سلامت گوارش بدن	۵/۳-۰/۳ میلی گرم	ویتامین K
مواد معدنی		

	۸۰-۱۰ میلی گرم	کلسیم
تامین ۶-۴۰٪ نیاز روزانه افراد	۳۵۰-۵۰ میلی گرم	آهن
	۸۰-۵ میلی گرم	سدیم
	۱۵۰۰-۲۰۰ میلی گرم	پتاسیم
	۳ گرم	امگا ۳

بطور عمومی ریزجلبک ها به عنوان مکمل غذایی می توانند اثرات مثبت و موثری در حوزه سلامت و بهداشت و ایمنی بدن ایفا کنند، جدول (۲) خلاصه ای خواص درمانی این مکمل غذایی را نشان می دهد.

جدول ۲. خواص درمانی ریزجلبک کلرلا
اثرات بهبود سیستم ایمنی
دارای ترکیبات اصلاح کننده پاسخ های زیستی در برابر تومورها، باکتری ها و ویروس ها
خواص ضد سرطان
به عنوان یک عصاره گیاهی، کلرلا حاوی ترکیبات متنوعی از آنتی اکسیدان ها و گلیکوپروتئین ها (ترکیبی از پروتئین و کربوهیدرات) می باشد که می توانند خواص ضد سرطان داشته باشند.
خواص ضد حساسیت
عملکرد خوب عامل ضد حساسیت این جلبک در سرکوب آزادسازی هیستامین
خواص محافظتی معده
جلوگیری از ایجاد زخم معده با محافظت از معده- بهبود یبوست با افزایش فعالیت روده ها
اثر محافظتی کبدی

عصاره جلبک کلرلا می تواند گزینه موثری جهت بیماری های کبدی و دیگر عارضه های استرس-اکسیداتیو باشد. - بهبود فعالیت کبدی در بیماران کبد چرب غیر الکلی (NAFLD) ^۹ .
ضد افسردگی
این مکمل در کوتاه مدت اثرات مثبتی بر اضطراب و علائم روحی و جسمی افسردگی دارد.
خواص آنتی اکسیدان
ترکیب طبیعی پروتئین و رنگدانه (PPC) بدست آمده از کلرلا خواص چشمگیر آنتی اکسیدانی مانند مهار رادیکال آزاد DPPH دارد و باعث جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی (رادیکال آزاد شدن چربی) می شود. - دفع سموم و فلزات سنگین از جریان خون با چنگاله فلزی
خواص ضد چربی و گرفتگی عروق
مصرف روزانه قرص کلرلا می تواند به بهبود پروفایل چربی خون کمک کند و فاکتور های ریسک چربی خون را کاهش دهد که این کار با دفع مدفوعی چربی یا سرکوب جذب روده ای چربی صورت می گیرد.

۲.۲ نگرانی های احتمالی

کلرلا بطور عمومی به عنوان یک محصول ایمن توسط سازمان غذا و دارو شناخته شده است، با این وجود مسائلی نیز به هنگام مصرف این مکمل غذایی رخ می دهد که باید در نظر گرفته شود. از آنجایی که بعضی از کشورها قوانین مشخصی در خصوص مکمل ها وضع نکرده اند، اطمینان حاصل کردن از صحت مطالب درج شده روی محصول دشوار می باشد که این امر ارزیابی و صحت سنجی درست را مختل می کند. همچنین، مقادیر مواد مغذی مکمل های کلرلا بر اساس نوع جلبک، شرایط رشد و فرآیندهای صورت گرفته بر آن متغیر می باشد که باعث عدم پایداری و یکپارچگی نتایج بدست آمده در ارزیابی ها می شود. همچنین دسترسی به مکمل هایی که

^۹ Non-alcoholic fatty liver disease

کیفیت بالایی داشته باشد نیز مهم می باشد که بهترین راه پیدا کردن چنین مکملی، داشتن برچسب تضمین کیفیت از آزمایشگاه های مستقل می باشد.

همانند دیگر مکمل ها و مواد غذایی دیگر، تداخلات دارویی با استفاده از مکمل کلرلا می تواند رخ دهد. از آنجایی که کلرلا بر سیستم ایمنی تاثیر می گذارد، برای افراد با بیماری های مرتبط با سیستم ایمنی همانند اسکروز متعدد (MS^1) مناسب نباشد. همچنین به علت وجود مقادیر ویتامین K، احتیاط در بیمارانی که وارفارین (ضد انعقاد خون) مصرف می کنند، ضروری می باشد.

اگرچه مطالعات کمی در بررسی اثرات مصرف این مکمل به هنگام بارداری وجود دارد با این حال، مصرف این قرص تقریباً بی خطر تلقی می شود. اگرچه شواهد مستندی درباره اثرات مصرف در دوره شیردهی وجود ندارد با این حال رعایت ایمنی و عدم مصرف آن توصیه می شود. از سوی دیگر، در افرادی که به کپک ها حساسیت دارند مصرف این مکمل توصیه نمی شود. همچنین در افراد با سیستم ایمنی ضعیف، مصرف این مکمل ممکن است باعث ایجاد باکتری های مضر در روده افراد شود. بر اساس مشاهدات صورت گرفته، باتوجه به وجود ید در کلرلا، احتیاط در افراد دارای حساسیت به این ماده ضروری می باشد. از دیگر عوارض جانبی احتمالی کلرلا می توان به ناراحتی های شکمی، نفخ، حالت تهوع و حساسیت به نور اشاره کرد [۹].

۲.۳ مقدار دوز مصرفی

مقدار مجاز قابل مصرف برای بطور دقیق قابل گزارش نیست زیرا مدارک کافی جهت مشاهده اثرات آن وجود ندارد، با این وجود بعضی مطالعات ۱/۲ گرم در روز و عده ای دیگر دوز های ۱۰-۵ گرم در روز را در نظر گرفته اند. اکثر مکمل های ریزجلبک موجود در بازار مقدار ۲ تا ۳ گرم روزانه را توصیه کرده اند که با تحقیقات مرتبطه

^{۱۰} Multiple Sclerosis

همخوانی دارد. جدول (۳) مقدار مجاز پیشنهادی مصرف مکمل کلرلا برای گروه های سنی مختلف را نشان می دهد [۸].

جدول ۳. دوز پیشنهادی مصرفی	
سن	مقدار پیشنهادی (قرص)
۴-۷ سالگی	۱ عدد
۷-۱۰ سالگی	۲ عدد
۱۱-۱۴ سالگی	۳ عدد
بزرگسالان	۳-۶ عدد

۳. تکنولوژی ها

بطور کلی سیستم کشت ریزجلبک می تواند در سیستم های باز (مانند آبگیر ها یا حوضچه ها) و یا سیستم های با کنترل بالا که به راکتور های نوری (PBRs)^{۱۱} معروف می باشند، صورت گیرد. یک راکتور به عنوان سیستمی تعریف می شود که در آن تبدیل بیولوژیکی حاصل می شود. به عبارت دیگر راکتوری که در آن نور پرور ها رشد پیدا می کنند و یا یک واکنش بیولوژیکی نوری در آن رخ می دهد. سیستم های باز عموماً جهت احداث و بهره برداری ارزان تر بوده و نسبت به راکتور های بسته بزرگ با دوام تر و ظرفیت تولید عظیم تری دارند. با این حال حوضچه ها انرژی بیشتری استفاده می کنند تا مواد مغذی را یکسان پخش کنند و حجم آب نیز نمی تواند کمتر از ۱۵ سانتی متر یا ۱۵۰ لیتر بر مترمربع نگه داشته شود که علت این امر رساندن انرژی خورشیدی کافی به ریزجلبک جهت رشد می باشد [۱۰]. شکل (۳) نمایی از دو سیستم کشت ریزجلبک بسته و باز را نشان می دهد.

^{۱۱} photo-bioreactors



شکل ۳. نمایی از سیستم های کشت ریز جلبک حوضچه های روباز و بیوراکتور ها

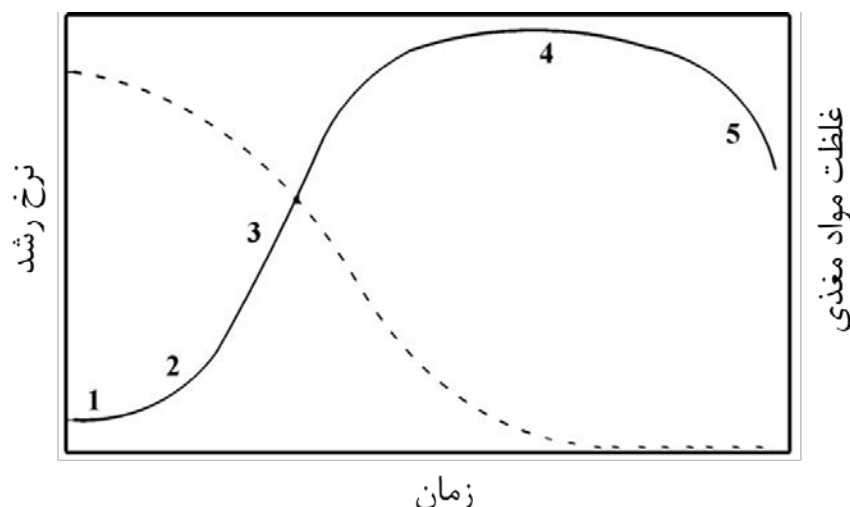
عموما حوضچه ها نسبت به شرایط آب و هوایی حساس تر می باشند و این امر می تواند کنترل دمای آب، تبخیر و نور دهی را با مشکل روبرو سازد. از اینرو، اگرچه این سیستم ها مقادیر زیادتری ریز جلبک تولید می کنند اما مساحت گسترده ای از زمین را اشتغال می کنند و نسبت به باکتری و دیگر آلاینده ها آسیب پذیر تر می باشد. همچنین با توجه به کربن دی اکسید موجود در اتمسفر که $0/03 - 0/06$ درصد از آن می باشد از اینرو باتوجه به محدودیت انتقال جرم سرعت رشد ریز جلبک ها می تواند کاهش یابد. از مزیت های سیستم راکتور های نوری نیز می توان به بهینه سازی آسان سیستم نسبت به خصوصیات فیزیولوژی و بیولوژیکی گونه ریز جلبک اشاره کرد. بطور کلی می توان دو سیستم معرفی شده کشت ریز جلبک را بر اساس پارامتر های مختلف طراحی و عملیاتی بصورت جدول (۴) نشان داده شده بررسی و مقایسه کرد [۱۱].

جدول ۴. مقایسه سیستم های کشت باز و بسته تولید ریز جلبک

سیستم های بسته (PBRs)	سیستم باز (حوضچه ها)	مولفه های طراحی
آسان	سخت	کنترل آلودگی
کاهش یافته	بالا	ریسک آلودگی
قابل دستیابی	امکان ناپذیر	ضد عفونی
آسان	سخت	کنترل فرآوری
آسان	سخت	کنترل گونه ها
یکنواخت	بسیار ضعیف	مخلوط کردن
پیوسته یا نیمه پیوسته	پیوسته یا نیمه پیوسته	ناحیه عملیاتی
بسته به بهره وری	بسته به بهره وری	فضای مورد نیاز
زیاد ($200-20\text{ m}^{-3}$)	کم ($10-5\text{ m}^{-3}$)	نسبت حجم به مساحت
بالا	پایین	چگالی سلولی
بالا	پایین	هزینه های سرمایه گذاری
هزینه زیاد	۳ تا ۱۰ برابر کمتر	هزینه سرمایه گذاری بر عملیاتی
بالا	ضعیف	راندمان روشنایی
یکنواختی دمای بیشتر	سخت	کنترل دما
۳ تا ۵ برابر بیشتر	پایین	بهره وری تولید
بسته به طراحی خنک سازی	مشابه راکتور های نوری	هدر رفت آب
پایین-بالا	بسیار پایین	تنش هیدرودینامیک
پایین	بالا	تبخیر بستر
بالا	پایین	کنترل انتقال گاز
بسته به pH، قلیایی و ...	مشابه راکتور های نوری	هدر رفت CO_2

بازدارندگی O ₂	کمتر از راکتور های نوری	از معضلات عمده در این سیستم
غلظت زیست توده	کمتر از راکتور های نوری	۳-۵ برابر بیشتر
امکان توسعه صنعتی	سخت	سخت

به طور کلی، برای رشد زیست توده (شامل ۴۰-۵۰ درصد کربن) ریز جلبک ها به تامین منابع کافی از کربن و نور وابسته می باشند تا بتوانند فرآیند فوتوسنتز را به خوبی به انجام برسانند. با این حال آنها می توانند ساختار درونی خود را (مانند سازش بیوشیمیایی و فیزیولوژی) تطبیق و یا تغییر دهند، در حالی که در فضای بیرونی می تواند یک سری از ترکیبات خود را دفع کند، مواد مغذی درد سترس را تحویل دهد یا رشد رقبای خود را محدود کند. ریز جلبک بسیاری از میکروارگانیسم ها را شامل می شود که می توان به خودپروردگی، دگرپروردگی، آمیزه پروری و نورپروردگی اشاره کرد و قادر می باشند در پاسخ به تغییرات محیطی به متابولیسمی دیگر تغییر حالت دهند. علاوه بر کربن یا زیر مجموعه آلی (منبع کربن در واقع شامل قند، پروتئین و چربی ها می شود) ریز جلبک برای رشد خود به ویتامین ها، نمک و دیگر مواد معدنی (مانند نیتروژن و فسفر) نیز نیازمند می باشد. همچنین باید دقت شود که همواره تعادل بین عوامل عملکردی (مانند اکسیژن، کربن دی اکسید، pH، دما، شدت نور و محصول و برداشت محصول) باید برقرار باشد. تحت شرایط محیطی مناسب و مواد مغذی کافی، ریز جلبک می تواند بطور فراوان رشد کند. عموماً زیست توده طی ۲۴ ساعت و یا طی ۳،۵ ساعت حین فاز رشد تصاعدی می تواند دو برابر شود. شکل (۴) به درک بهتر سیکل رشد زیست توده ریز جلبک کمک می کند.



شکل ۴. نرخ رشد جلبک (خط)، غلظت مواد مغذی (خط چین) در کشت غیر مدام

طبق شکل (۴)، پنج فاز رشدی را می توان برای ریزجلبک در نظر گرفت. فاز (۱) ناحیه کمون یا پس فازی، فاز (۲) رشد تصاعدی نشانگر بالاترین رشد تحت شرایط ویژه، فاز (۳) رشد خطی، فاز (۴) رشد ثابت و فاز (۵) کاهش یا مرگ

همچنین الگوی دیگر مشاهده شده مخالف با نرخ رشد بوده و نشانگر غلظت مواد مغذی می باشد در فاز های ۴ و ۵ بطور کامل مصرف می شود. بطور کلی، کشت ریزجلبک در فاز رشد تصاعدی حاوی پروتئین بیشتری می باشد، در حالی که فاز ثابت رشد کربوهیدرات و گلیکول بیشتر دارد. یک مانع اصلی در کشت وسیع ریزجلبک ناتوانایی در رشد گونه های انتخاب شده در حجم صدها متر مکعب می باشد. البته *Chlorella* و *Spirulina* از نمونه هایی هستند که این مشکل در آن صدق نمی کند. ترکیب زودرس می تواند هنگامی که رخ دهد که کشت گونه های ریزجلبک به حجم های بزرگتر انتقال می یابد که در آن گونه هایی که با شرایط فضای آزاد بهتر تطبیق می یابند می توانند دوام آورند. این به آن معناست که آنها تحت شرایط رشدی نامتعادل قرار گرفته اند و باید (در فاز رشد تصاعدی) برای کشت های پر تراکم بهتر آماده و پردازش شوند. عوامل متعددی بر رشد جلبک ها تاثیر گذار می باشند و طبق جدول (۵) می توان تعدادی از آنها را مشاهده کرد.

جدول ۵. عوامل موثر بر رشد ریزجلبک ها

عوامل غیر زنده	عوامل زنده	عوامل بهره برداری
نور (شدتی، کمیتی)	بیماری‌زاها (باکتری، قارچ، ویروس ها)	تنش برشی ناشی از همزن
دما	رقیب زیستی (توسط قارچ های دیگر)	نرخ رقیق بودن
غلظت مواد مغذی		عمق
اکسیژن/کربن دی اکسید		تناوب برداشت
شوری		سدیم بی کربنات (جوش شیرین)
Ph/ مواد شیمیایی سمی		

در میان فاکتور تاثیر گذار ذکر شده در جدول (۵)، نور و دما به ترتیب به عنوان مهمترین عامل محدود کننده در کشت ریز جلبلک چه در سیستم های بسته و باز به حساب می رود. در این خصوص تاثیر دما برای از گونه های ریزجلبلک در محیط آزمایشگاه به خوبی بررسی و مستند شده است، این در حالی است اندازه تاثیر دما در تولید سالانه زیست توده در محیط باز به خوبی مورد بررسی قرار نگرفته است. شوری چه در سیستم های باز و بسته، می تواند بر رشد و ترکیب هسته ریزجلبلک تاثیر بگذارد. هر گونه جلبلک مختلف بازه شوری بهینه مختص به خود را دارا می باشد که طی آب و هوای بسیار گرم بخاطر تبخیر بالا می تواند افزایش یابد. آسان ترین راه برای کنترل شوری اضافه کردن آب تازه و یا نمک به هنگام نیاز می باشد. هم زدن نیز از دیگر پارامتر های مهم در رشد جلبلک می باشد زیرا باعث یکنواخت سازی توزیع سلولی، گرما، متابولیسم می شود و انتقال گاز ها را تسهیل می بخشد [۱۲].

۳.۱ کشت ریزجلبلک

امروزه کلرلا در داخل حوضچه های آب شیرین کشت داده می شود. برای این منظور، ابتدا آب استخر را یوپنیزه

کرده و سپس از صافی عبور می دهند تا صاف و زلال شود. اگر شرایط مطلوب نظیر تابش خورشید، آب خالص و هوا پاک برقرار باشد، تکثیر این جلبک سرعت چشمگیری پیدا می کند و تعداد سلول هایش در مدت ۲۰-۲۴ ساعت ۴ برابر می شود. تکثیر کلرلا بصورت غیر جنسی انجام می شود و هر سلول دارای اندازه متوسط ۳ میکرون می باشد که طی فرآیند فتو سنتز در مجاورت نور خورشید، دی اکسید کربن و آب شیرین رشد می کنند. هنگامی که اندازه سلول ها به ۸-۱۰ میکرون رسید هسته سلول دوباره تقسیم شده و ۴ هسته جدید تولید می کند. به همین ترتیب تولید مثل در روز دوم ۱۶ سلول جدید و در روز سوم ۶۴ سلول کامل تولید می کند. با توجه به رشد تصاعدی این سلول ها، پس از مدت کوتاهی حجم عظیمی از زیست توده قابل دستیابی می باشد بطوری که هر ۵۰ میلیون سلول ریزجلبک وزنی معادل ۱ کیلوگرم دارد. بر این اساس رشد ریزجلبک ها همانند هیچ گیاه دیگری در دنیا نمی باشد و همین موضوع باعث افزایش توجه محققین و تمایل گسترده شرکت ها به آن به عنوان یک منبع غذای آینده شده است [۱۳]. جدول (۶) برخی دیگر از مزایای کشت و تولید ریزجلبک را نشان می دهد.

جدول ۶. مزایای کشت زیست توده کلرلا

مزیت	ویژگی
کاهش گاز های گلخانه ای	ترسیب و حذف کربن دی اکسید (CO_2) از دودکش های صنعتی
تصفیه آب	حذف آمونیوم، نیترات و فسفات بوسیله مصرف جلبک از آنها
پسماند زیست توده	کاربرد های متعددی زیست توده بدست آمده پس از استخراج روغن
مقاوم در شرایط کشت سخت	عدم نیاز به آب تازه و رشد در شرایط بد کشاورزی و فصلی
مواد مغذی	وجود ترکیبات مختلف مانند چربی ها، اسید های چرب غیر اشباع، رنگ طبیعی، قند، رنگدانه ها، آنتی اکسیدان ها و زیست فعال غنی
محصولات متنوع	پتانسیل تحول در بخش های گسترده بیوتکنولوژی و صنایع مانند سوخت های زیستی، زیبایی، داروسازی، مکمل های غذایی و تغذیه ای، آب زی پروری، تصفیه آلاینده ها به علت وجود مشتقات غنی

روش کشت بسته

بیوراکتور های نوری (کیسه های قابل تعویض) با آب خام که به خوبی با مواد معدنی غنی شده اند، پر می شود. باید دقت شود که در این روش هیچ آلودگی از خارج نباید وارد بستر کشت شود. مواد مغذی و یک آغازگر کشت جلبک سپس به آن اضافه می شود و جلبک شروع به رشد می کند. بطور ایده آل جلبک یک حجم مناسب از نور خورشید را دریافت کرده و نباید دارای قسمت های تاریک و سایه باشد. جلبک کشت شده در انتها به کمک سانتریفیوژ از آب جدا می شود و سپس به آرامی خشک می شود که این امر می تواند به کمک دستگاه خشک

کن پاششی (اسپری درایر) تسهیل پذیرد. مواد استفاده شده در بستر ریزجلبک نمک ها (منیزیم سولفات، سدیم نیترات و غیره) و آب خام فیلتر شده استفاده می شود.

فرآوری

کلرلا به دلیل داشتن دیوار سلول سخت و نفوذ ناپذیر، در صورت مصرف مستقیم سلول غیر قابل استفاده می باشد و مواد مغذی آن غیر قابل دسترسی می باشد. عموماً هضم کلرلا توسط معده با سختی رخ می دهد و علت آن همین دیوار سلولی قوی و ضخیم می باشد. یکی از روش های ارائه شده برای حل این معضل استفاده از آسیاب کردن می باشد که تنها ۴۰٪ از آن قابلیت هضم پیدا می کند. امروزه روشی که توسط شرکت های مختلف استفاده می شود یک تکنیک نوآور ثبت اختراع شده می باشد که منجر به انفجار سلول می شود (انبساط ناگهانی فشار پایین). این فرآیند دارای ۳ مرحله می باشد: ۱. افزایش فشار بسیار زیاد بر کلرلا ۲. افزایش سریع دما جهت خارج کردن رطوبت ۳. کاهش سریع دما به حالت نرمال

۳.۲ مواد جانبی

در مکمل های ریزجلبک مواد جانبی متعددی با خواص و اهداف مشخص استفاده می شود که در جدول (۷) مهمترین آنها گزارش شده است.

جدول ۷. مواد جانبی استفاده شده در مکمل های برپایه ریزجلبک	
نام ماده	توضیح
منیزیم استارات	خاصیت ضد چسبندگی-جداکننده قرص از قالب
سیلیسیم دی اکسید (سیلیکا)	جریان پذیری بهتر پودر به هنگام تولید قرص
کراس کارملوز	امولسیفایر با کاهش حلالیت آب با حفظ تجمع مواد- فروپاشی قرص در معده

۳.۳ استاندارد ها

اگرچه مقررات و قوانین نظارتی قابل توجهی بر روی مکمل های غذایی اعمال می شود با این حال این شدت و سختگیری همانند دارو ها نمی باشد. بطور مثال، در ایالات متحده آمریکا، مکمل های غذایی قبل از فروش نیازی به تایید اداره غذا و دارو (FDA) جهت اثبات ایمنی و موثر بودنشان ندارند. اگرچه بعضی از محصولات با ویژگی و مزایای بهداشتی تبلیغ می شوند، اما هیچ آزمایش بالینی که ایمنی و اثربخشی مشخصی برای آنها وجود ندارد. از آنجایی که جامعه سالم زیر بنای توسعه هر کشور بوده و یکی از راههای دستیابی به این هدف برخورداری از تغذیه صحیح می باشد، بنابراین گزارش اطلاعات لازم در مورد مواد غذایی و مکمل های رژیمی - غذایی و ورزشی به افراد جامعه ضروری است. از سوی دیگر با پیشرفت صنایع غذایی و رقابت در این زمینه، گسترش تجارت بین المللی، بالارفتن فرهنگ مردم و توجه به سلامتی جامعه، پیاده سازی و اجرای استاندارد های صنعتی و بهداشتی جهت تولید محصولی با کیفیت و قابل اطمینان که رضایت خاطر مصرف کنندگان را فراهم کند ضروری می باشد [۱۴].

جهت تولید محصولی رقابتی و قابل اطمینان که بالاترین انتظارات و کیفیت لازم را داشته باشد، استاندارد ها و ملاحظات متعددی وجود دارد که رعایت آنها می تواند باعث ارزشمند تر شدن محصول نهایی شود. جدول (۸) خلاصه ای از استاندارد های اتخاذ شده در تولید مکمل های برپایه ریزجلبک را نشان می دهد.

جدول ۸. استاندارد تولید مکمل های برپایه ریزجلبک			
نماد	نام استاندارد	توضیح	مرجع

FDA.GOV.US سازمان غذا و دارو آمریکا	یک روش سیستماتیک جهت شناسایی، ارزیابی و کنترل مخاطرات بهداشتی مواد غذایی	تحلیل زیان و کنترل نقاط بحرانی (HACCP ^{۱۲})	
Non-gmoreport.com	عدم استفاده از مواد خام دستکاری شده و اصلاح ژن شده- محصول ارگانیک و طبیعی	محصولات دستکاری نشده ژنتیکی (Non-GMO ^{۱۳})	
FDA.GOV.IR سازمان غذا و دارو ایران	نشان سازمان غذا و دارو - استاندارد ها و حداقلی ها جهت حصول اطمینان از ایمنی، کارایی و امنیت غذایی و دارویی	سیب سلامت	
FDA.GOV.US سازمان غذا و دارو آمریکا	استفاده از مواد اولیه PET ^{۱۴} به عنوان یک پلاستیک مطمئن بدون ارگانیک مضر بیسفنول (BPA ^{۱۵}) - قابل بازیافت- عدم استفاده از DBP ^{۱۶} (یک ترکیب ارگانیک مضر)	بسته بندی بی خطر	

^{۱۲} Hazard Analysis and Critical Control Point

^{۱۳} Genetically Modified Organism

^{۱۴} Polyethylene Terephthalate

^{۱۵} Bisphenol

^{۱۶} Dibutyl phthalate

FDA.GOV.IR سازمان غذا و دارو ایران	اطمینان از تولید محصول با کیفیت منطبق بر استاندارد های متناسب کاربرد- برآورد نیازهای مصرف کنندگان از نظر کیفیت، ایمنی و کارآیی	اجرای صحیح تولید (GMP)^{۱۷}- اجرای صحیح بهداشت (GHP)^{۱۸}	
وزارت کشاورزی آمریکا USDA.GOV	مقرراتی که کشاورزی ارگانیک و طبیعی را تعریف و تبیین می کند- یک سری از فعالیت های مربوط به کشت، زیستی و مکانیکی با هدف نگه داری یا بهبود کیفیت خاک و آب و محیط زیست- عدم استفاده از کود های شیمیایی، آب فاضلاب و مهندسی ژنتیک	گواهی محصول ارگانیک (USDA Organic)	
KSAKOSHER.ORG	آماده سازی و تولید محصولات غذایی بر اساس الزامات دین یهود- پروتکل ها و راهنمایی ها جهت تولید محصول پاک، بهینه و مقرون به صرفه	استاندارد کوشر (KSA Kosher)	
مؤسسه مترولوژی کشورهای اسلامی (SMIIC)-	گواهینامه معتبر در بین کشورهای اسلامی و غیر اسلامی- آماده سازی و فرآوری محصولات غذایی مطابق قوانین و الزامات دین مبین اسلام	نشان حلال (HALAL)	

^{۱۷} Good Manufacturing Practice

^{۱۸} Good Health Practice

qal-iran.ir			
سازمان بین‌المللی استانداردسازی ISO.ORG	یک سند مهم جهانی در برگیرنده سیستم های مدیریت امنیت غذایی - الزامی برای تمامی فعالان زنجیره غذایی - توانایی کنترل مخاطرات امنیت غذایی - اطمینان از ایمن بودن محصول جهت مصرف [۱۵]	ISO ۲۲۰۰۰- ۲۰۱۸	

۴. فناوری های نوین

کاربرد های صنعتی استفاده از جلبک ها در حال رشد می باشد. بعضی از شرکت ها در حال توسعه جاذب های دی اکسید کربن برپایه جلبک و تولید سوخت زیستی می باشند و بعضی دیگر بازیابی پساب ها را به کمک جلبک ها فراهم کرده اند که فرصت های زیادی جهت کاهش هزینه های تصفیه آب جهت مصرف خانگی و صنعتی ایجاد کرده است. همچنین ارزش غذایی بالای ریزجلبک ها و سرعت کشت چشمگیر آنها باعث شده است تا اداره کل ملی هوانوردی و فضا (NASA)^{۱۹} از کلرلا اسپیرولینا به عنوان یکی از غذاهای بنیادین جهت کشت در مأموریت های طولانی مدت فضایی استفاده کند. همچنین شرکت هایی در حال تولید پلاستیک از جلبک می باشند، برای مثال شرکت آلوگوتک^{۲۰} مستقر در آمریکا پلاستیکی بر پایه پودر جلبک قهوه ای تولید و توسعه داده است که از منابع تجدید پذیر بدست می آید و زیست تخریب پذیر می باشد. از سوی دیگر، یک کمپانی ژاپنی برای اولین بار پیشگام تکنولوژی های نوین پرورش کلرلا شد و پروسه منحصربه فرد شکستن دیوار سلول ریزجلبک بدون تخریب محتویات آن را ارائه کرد.

^{۱۹} National Aeronautics and Space Administration

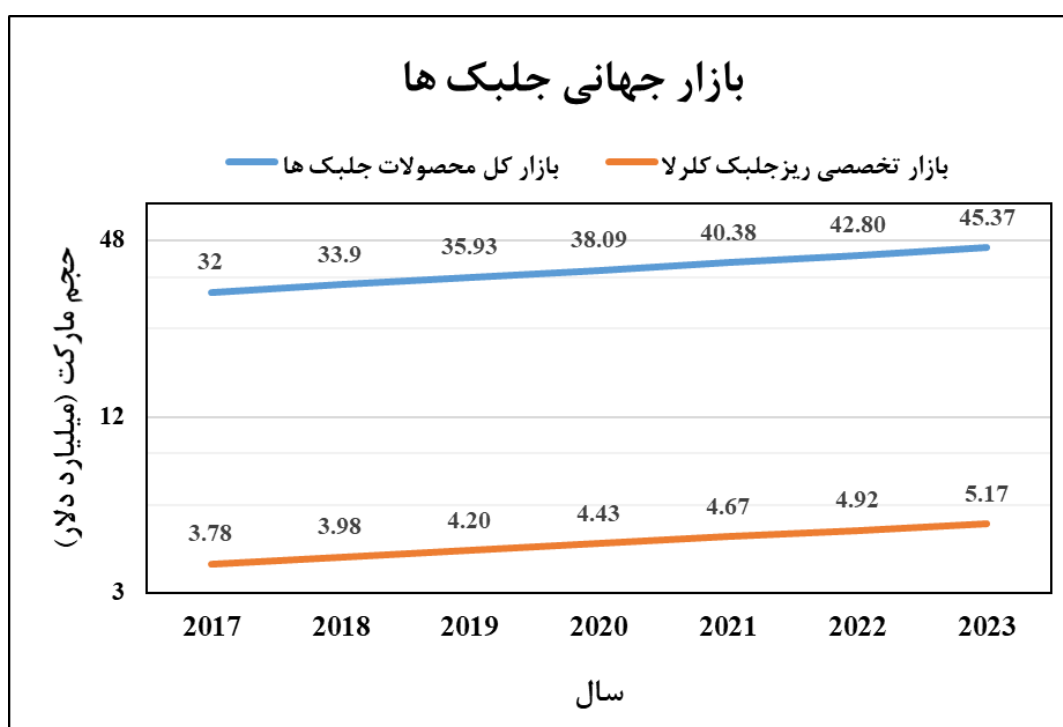
^{۲۰} Algotek

امروزه شرکت های مختلف از ریزجلبک، روغن استخراج می کنند و به کمک آن سوخت زیستی (بیودیزل) تولید می کنند که می تواند باعث کمک به کاهش مصرف سوخت های فسیلی شود. نسل سوم سوخت های زیستی بر اساس بهبود محصول زیست توده است. که مزایای محصولات انرژی مهندسی شده خاص مانند جلبک به عنوان منبع انرژی را در بر می گیرد. جلبک کشت می شود تا به عنوان یک ماده اولیه به طور کامل تجدیدپذیر، کم هزینه و با انرژی بالا عمل کند. پیش بینی می شود که جلبک ها پتانسیل تولید انرژی بیشتری در مقیاس هکتار نسبت به محصولات معمولی دیگر دارند. جلبک ها همچنین می توانند در آب و زمین نامناسب برای تولید غذا رشد کنند، بنابراین فشار از روی منابع آبی که در حال تخلیه شدن است برداشته می شود. از مزایای بیشتر سوخت های زیستی بر پایه جلبک این است که می تواند به طیف گسترده ای از سوخت ها مانند دیزل، نفت و سوخت جت تبدیل شود [۱۶].

۵. بازار و چشم انداز آتی

محدودیت منابع غذایی در جهان و رشد فزاینده تقاضا در این بخش به همراه ترویج الگوهای مصرف گرایی، باعث شده تا توجه ها به منابع غذایی با ارزش و دردسترس جلب شود. ریزجلبک کلرلا با رشد فزاینده جمعیت توده خود طی مدت زمان کم و فراهم نمودن مواد غذایی با ارزش یکی از منابع غذایی بلقوه ای می باشد که می تواند بخشی از مشکلات جوامع بشری را در حوزه تغذیه رفع کند. کشت تجاری کلرلا در سال ۱۹۶۰ در دنیا آغاز شد اما با آشکار شدن خواص و ویژگی های منحصر به فرد آن، توجه صنایع مختلف به این ریزجلبک افزایش یافت. امروزه تنها در قاره آسیا بیش از ۷۰ شرکت در ۴۶ کشور به صورت انبوه نسبت به تولید ریزجلبک اقدام می کنند بطوری که در کشور کوچک تایوان سالانه بیش از ۱۵۰۰۰ تن پودر کلرلا تولید می گردد.

با توجه به گزارشات بدست آمده، ارزش بازار محصولات ریزجلبک در سال ۲۰۱۷، ۳/۷۸ میلیارد دلار ارزش گذاری شد. انتظار می رود با نرخ رشد مرکب سالیانه (CAGR^{۲۱}) پیش بینی شده ۵/۴٪ ارزش این بازار در سال ۲۰۲۳ به ۵/۱۷ میلیارد دلار برسد. بازار مکمل های ریزجلبک رشد بیش از ۵٪ را طی سال های ۲۰۱۸-۲۰۱۳ تجربه کرده است و درآمد شرکت ها از این بازار از ۸۰۰ میلیون دلار فراتر رفت. براساس آمارهای منتشر شده، آمریکای شمالی با افزایش تقاضای روبه رشد محصولات ارگانیک برپایه ریزجلبک، به یک بازار پرسود و منفعت تبدیل شده است، شکل (۵). همچنین براساس پیش بینی ها، بازار ریزجلبک ها در آسیا-اقیانوسیه رشد قابل توجهی را تجربه کرده است، که علت آن تمایل نسل جدید به غذای سالم و تغییر الگو رژیم غذایی می باشد بطوری که تا سال ۲۰۲۷ این رشد سالانه به بیش از ۷٪ خواهد رسید.



شکل ۵. روند جهانی بازار جلبک ها طی سال های ۲۰۱۷-۲۰۲۳

^{۲۱} Compound annual growth rate

بر اساس روند گزارش شده در شکل (۵)، ارزش کل محصولات جلبک در جهان ۳۳/۹ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۸ ثبت شد و تخمین زده شده است که با رشد مرکب سالیانه ۶٪ به ۵۶/۵ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۷ برسد. همچنین طبق آمارها، بخش مکمل های غذایی و زیست دارو ها بیشترین سهم از بازار جلبک ها را به خود اختصاص داده اند به طوری که بیش از ۷۰٪ سهم بازار در سال ۲۰۱۸ به این بخش اختصاص یافته است. توجه به این نکته ضروری است که توسعه اقتصاد هایی مانند هند، چین و برزیل فرصت های جدید و پتانسیل رشد بالایی برای این بازار فراهم آورده است [۱۷، ۱۸]. جدول (۹) به بررسی عوامل موثر بر بازار و آینده ریزجلبک ها می پردازد که در آن مهمترین عوامل محرک و چالش های پیش رو معرفی شد.

جدول ۹. عوامل موثر بر بازار ریزجلبک ها

عوامل محرک رشد	چالش ها
منبع غذایی جایگزین رشد آگاهی مشتریان نسبت به منافع ریزجلبک ها تغییر الگو رژیم غذایی مشتریان به سمت غذای سالم اهمیت سلامتی و تندرستی در جوامع ارزش غذایی بالا خواص درمانی گسترده	هزینه های توسعه و تحقیق بالا کمبود آگاهی در خصوص منافع و خواص ریزجلبک عدم وجود مطالعات کافی بر عوارض و اثرات جانبی

۵.۱ شرکت های فعال و مطرح

به منظور آشنایی با شرکت های مطرح و فعال در حوزه تولید مکمل ها و زیست دارو های برپایه ریزجلبک و نحوه پراکندگی آنها در جهان، جدول (۱۰) تهیه و گزارش شد.

جدول ۱۰. شرکت های مطرح در زمینه تولید مکمل های برپایه ریزجلبک

ملیت	محصول	نام شرکت	ملیت	محصول	نام شرکت
ایران	*قرص آلوگوفیل کلرلا	نیک پایا کارن فارمد	آلمان	*قرص جلبک مخلوط کلرلا و اسپیرولینا با جو موشک * قرص کلرلا	Fairvital
ایران	*قرص کلرلا وانا پرایم با دیوارسلولی شکسته	Healing Line	فرانسه	*قرص های کلرلا	Flamant Vert
ایران	قرص آلوگورا کلرلا	رازک	آلمان	*قرص آلوگومد کلرلا *ساشه پودر جلبک (ماسک مو/خوراکی) *قرص آلوگومد فولیک *آلوگومد کلسیم	بیوپروداکت اشتاین برگ با همکاری فردای سبز ایرانیان (ایران)
ایران	*قرص وانا پرایم کلرلا	داروسازی امین	انگلستان	*قرص کلرلا	Health Aid با همکاری OPD Pharma (ایران)
تایوان	*قرص کلرلا *کپسول عصاره کلرلا *قرص کلرلا زینک *شربت عصاره کلرلا *پودر کلرلا *نودل حاوی کلرلا *کپسول لوتئین (مخلوطی از میوه ها، کشمش و کلرلا)	Taiwan Chlorella	کره جنوبی	*قرص کلرلا-۱۰۰	VitaminHouse با همکاری دارویی سام اکسیر

تایوان	*قرص ترکیب کلرلا و اسپیرولینا (در ۳ نوع کامل، ارگانیک و مخصوص حیوانات خانگی)	Good Natured	آمریکا	*پودر کلرلا ارگانیک (دیوار سلولی شکسته)	Nutricost
آمریکا	*پودر کامل غلات، سبزیجات، کلرلا و اسپیرولینا سوپرفود	Peak Performan ce	تایوان	قرص کلرلا	Sunlit
ایتالیا	*قرص اسپیرولینا	Marcus Rohrer	مواد اولیه کره، بسته بندی آمریکا	پودر ارگانیک کلرلا دیوار سلولی شکسته	Micro Ingredients
مالزی	*پودر ارگانیک اسپیرولینا	LAC	ایران	قرص اسپیرولینا پلاتنسیس	اشبال شیمی

۱. Research, C., *Algae Products Market-Growth, share, opportunities & Competitive Analysis 2019-2027*. ۲۰۲۰.
۲. Mostafa, S.S., *Microalgal biotechnology: prospects and applications*. Plant science, ۲۰۱۲. ۱۲: p. ۲۷۶-۳۱۴.
۳. Soni, R.A., K. Sudhakar, and R. Rana, *Spirulina-From growth to nutritional product: A review*. Trends in food science & technology, ۲۰۱۷. ۶۹: p. ۱۵۷-۱۷۱.
۴. El-Naggar, N.E.-A., et al., *Production, extraction and characterization of Chlorella vulgaris soluble polysaccharides and their applications in AgNPs biosynthesis and biostimulation of plant growth*. Scientific reports, ۲۰۲۰. ۱۰(۱): p. ۱-۱۹.
۵. Kent, M., et al., *Nutritional evaluation of Australian microalgae as potential human health supplements*. PloS one, ۲۰۱۵. ۱۰(۲): p. e۰۱۱۸۹۸۵.
۶. Company, T.C.M.; Available from: <http://www.taiwanchlorella.com/>.
۷. ALGOMED. Available from: <https://algomed.ir/>.
۸. Bitto, T., et al., *Potential of Chlorella as a Dietary Supplement to Promote Human Health*. Nutrients, ۲۰۲۰. ۱۲(۹): p. ۲۵۲۴.
۹. WebMed. ۲۰۲۰; Available from: <https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-۹۰۷/chlorella>.
۱۰. Ting, H., et al., *Progress in microalgae cultivation photobioreactors and applications in wastewater treatment: A review*. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, ۲۰۱۷. ۱۰(۱): p. ۱-۲۹.
۱۱. Suparmaniam, U., et al., *Insights into the microalgae cultivation technology and harvesting process for biofuel production: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۲۰۱۹. ۱۱۵: p. ۱۰۹۳۶۱.
۱۲. Singh, G. and S. Patidar, *Microalgae harvesting techniques: A review*. Journal of environmental management, ۲۰۱۸. ۲۱۷: p. ۴۹۹-۵۰۸.
۱۳. Safi, C., et al., *Morphology, composition, production, processing and applications of Chlorella vulgaris: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۲۰۱۴. ۳۵: p. ۲۶۵-۲۷۸.
۱۴. س.غ.و. دارو، حداقل ضوابط برچسب گذاری مواد غذایی و مکمل های رژیمی- غذایی و ورزشی. and پزشکی، و.ب.د.و. ۱۳۹۰.

١٥. Standardization, I.O.f., *ISO 22000:2018 - FOOD SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS*. ٢٠١٨.
١٦. Rizwan, M., et al., *Exploring the potential of microalgae for new biotechnology applications and beyond: a review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, ٢٠١٨. ٩٢: p. ٣٩٤-٤٠٤.
١٧. Markets, M.a., *Algae Products Market by Type (Lipids, Carrageenan, Carotenoids, Alginate, and Algal Protein), Application (Food & Beverages, Nutraceuticals & Dietary Supplements, Personal Care, Feed, and Pharmaceuticals), Source, Form, and Region - Global Forecast to 2023*. ٢٠١٨: Market Research Report.
١٨. Fact.MR, *Algae Supplements Market Forecast, Trend Analysis & Competition Tracking - Global Market Insights 2019 to 2027*. ٢٠١٩: Market Research Report.