فرم پیشنهاد طرح کلان ملی

عنوان طرح:

تولید پایدار و زیست سازگار روغن امگا ۳ با استفاده از فتوبیورآکتور

مجری/مجریان

(علیرضا امیرصادقی)

واحد/ پژوهشکده

(جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی)

تاریخ ابلاغ طرح:

فصل اول- خلاصه مدیریتی

۱-۱- عنوان طرح:

تولید پایدار و زیست سازگار روغن امگا ۳ با استفاده از فتوبیورآکتور

۱-۲- خلاصه طرح:

خلاصه‌ای از طرح در حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ کلمه بیان کنید.

اسیدهای چرب امگا ۳ (ω-3) اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه (PUFA) و اجزای ضروری برای رشد بدن انسان است که بدن قادر به تولید آن نیست، بنابراین می‌بایست آن را از طریق تغذیه یا مصرف مکمل‌های آن تامین کرد. در حال حاضر، منبع اصلی EPA و DHA برای مصرف انسان، ماهی‌های دریایی است. این ترکیبات در واقع توسط خود ماهی‌ها تولید نمی‌شوند، اما ماهی‌ها با مصرف ریزجلبک‌ها یا ماهی‌های کوچکی که قبلاً آنها را در بافت‌های خود انباشته کرده‌اند، این ترکیبات را جمع‌آوری می‌کنند. تقاضا برای اسیدهای چرب امگا ۳ در دهه گذشته به دلیل اثرات مفید فزاینده آنها در رابطه با سلامتی به شدت افزایش یافته است. با این حال، متوسط مصرف روزانه EPA و DHA در حال حاضر بسیار کمتر از سطوح مورد نیاز است و جهان در حال حاضر با کمبود منابع پایدار برای برآورده کردن نیازهای فعلی امگا ۳ PUFA مواجه است. علاوه بر این، روغن ماهی ممکن است حاوی آثاری از فلزات سنگین مانند ترکیبات جیوه آلی و بی فنیل‌های پلی کلره (PCB) باشد. با استفاده از ریزجلبک‌ها، می‌توانیم کل زنجیره غذایی را دور بزنیم و امگا ۳ را مستقیماً از منبع طبیعی خود دریافت کنیم. امگا ۳ حاصل از ریزجلبک‌ها یک جایگزین ایده آل و با کیفیت برای روغن‌های ماهی صید وحشی برای تغذیه پایدار انسان و حیوان است. در طرح حاضر از سیستم کشت در فتوبیورآکتور جهت تولید امگا ۳ جلبکی استفاده خواهد شد.

خلاصه طرح را وارد کنید

۱-۳- نام مجری:

علیرضا امیرصادقی

۱-۴- محل اصلی اجرای طرح (نام واحد یا/ پژوهشکده که مسئول اصلی اجرای طرح است)

جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی

۱-۵- نام بهره‌بردار/ مشارکت‌کننده مالی:

نام بهره‌بردار/ مشارکت کنندهٔ مالی طرح را وارد کنید

۱-۶- مدت زمان اجرا (ماه):

۳۰ ماه

۱-۷- تاریخ شروع طرح (روز/ماه/ سال طبق ابلاغیه)

۱-۸- ماهیت و مقیاس طرح:

طرح کاربردی در مقیاس پایلوت

۱-۹- اعتبار کل مورد نیاز (میلیون ریال):

۵۵۰۰۰ میلیون ریال

۱-۱۰-برآورد هزینه‌های اجرای طرح (خلاصه جدول مالی):

ردیف	نوع هزینه	هزینه ریالی
۱	نیروی انسانی	۷/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۲	وسایل و مواد مورد نیاز	۴/۲۸۰/۰۰۰/۰۰۰
۳	دستگاهها و تجهیزات مورد نیاز	۲۵/۴۶۰/۰۰۰/۰۰۰
۴	سایر هزینه‌ها	۵/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۵	بیمه	۸/۳۴۸/۰۰۰/۰۰۰
۶	مالیات	۴/۱۷۴/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل هزینه های پروژه (میلیون ریال)		۵۴/۲۶۲/۰۰۰/۰۰۰

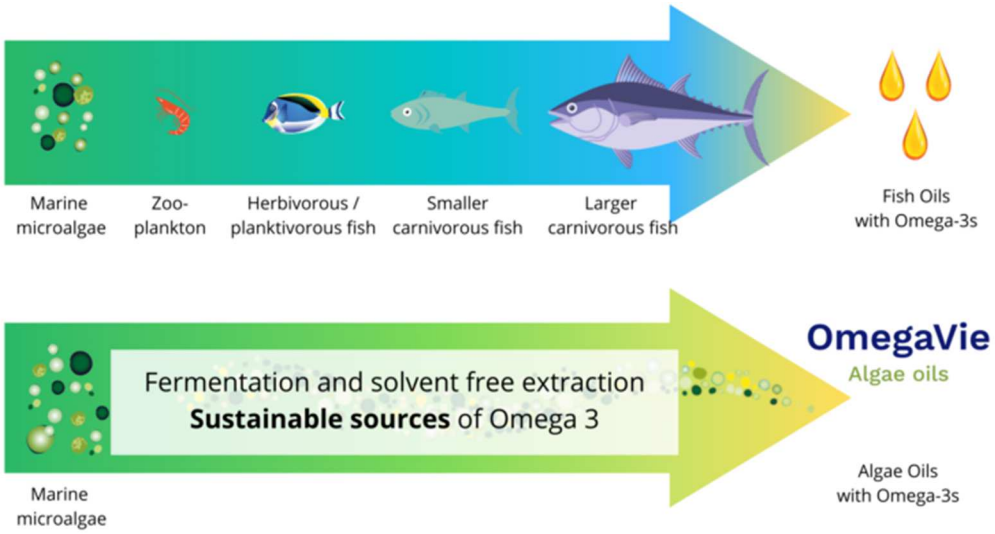
۲- فصل دوم: کلیات طرح

۲-۱- مسئله و راهکار

۲-۱-۱- شرح مسئله

طرح شما قرار است چه مسئله‌ای را در کشور حل نماید؟ این مشکل را در این بخش شرح دهید.

اسیدهای چرب امگا ۳ (ω-3) اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه (PUFA) و اجزای ضروری برای رشد بدن انسان است که بدن قادر به تولید آن نیست، بنابراین می‌بایست آن را از طریق تغذیه یا مصرف مکمل‌های آن تامین کرد. شکل‌های مهم اسیدهای چرب امگا ۳ عبارتند از آلفا-لینولنیک اسید (ALA)، ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA). در حال حاضر، منبع اصلی EPA و DHA برای مصرف انسان، ماهی‌های چرب دریایی مانند سالمون، کفال و .... است. نکته جالب این است که این ترکیبات در واقع توسط خود ماهی‌ها تولید نمی‌شوند، اما ماهی‌ها با مصرف ریزجلبک‌ها یا ماهی‌های کوچکی که قبلاً آنها را در بافت‌های خود انباشته کرده‌اند، این ترکیبات را جمع‌آوری می‌کنند (شکل ۱).



شکل ۱- ماهی‌ها با مصرف ریزجلبک‌های دریایی، امگا ۳ را در بدن خود ذخیره می‌کنند.

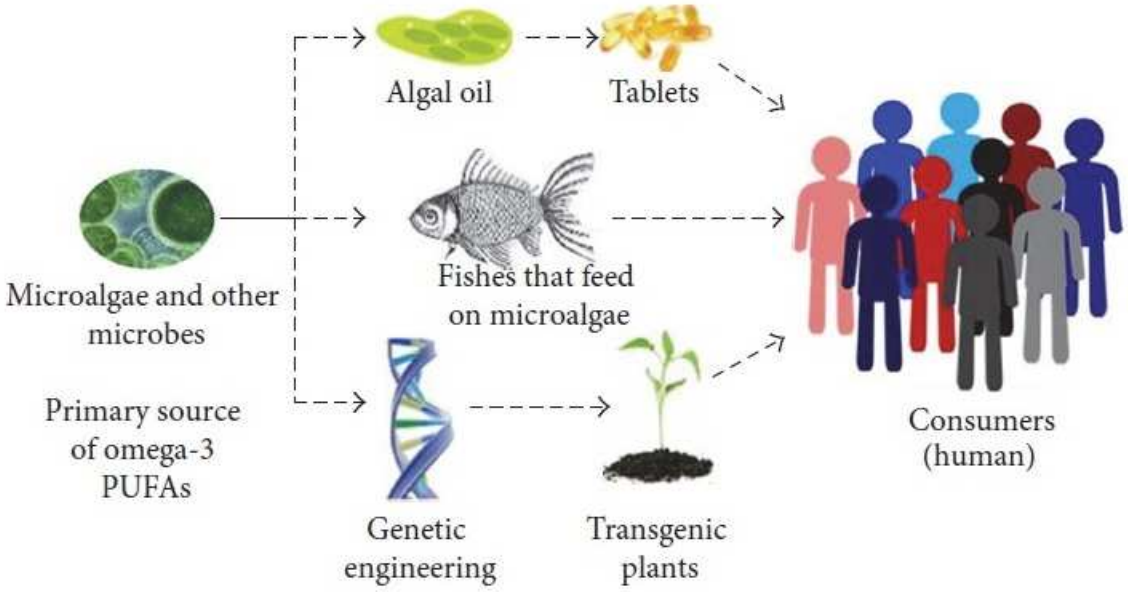
در دهه گذشته، اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه (PUFAs) نتایج قانع‌کننده‌ای در زمینه تحقیقات زیست‌پزشکی، به‌ویژه برای نقش آنها در پیشگیری از بیماری‌ها نشان داده‌اند. ثابت شده است که PUFA های امگا ۳ برای سیستم های بیولوژیکی انسان حیاتی هستند و برای رشد سیستم عصبی در اواخر دوره بارداری ضروری هستند. به طور مشابه، در بزرگسالان، کمبود

آن می‌تواند منجر به شرایط غیر طبیعی شدید مانند اختلالات عصبی و بینایی، ناتوانی‌های یادگیری، چاقی، بیماری‌های قلبی عروقی (CVD)، التهاب و سرطان شود. امگا ۳ می تواند یک جزء حیاتی از رژیم غذایی انسان برای جلوگیری از چنین شرایط ناهنجار باشد. تعدادی از مطالعات آزمایشی برای بررسی مزایای سلامتی امگا ۳ PUFA، از جمله پیشگیری های اولیه و ثانویه، انجام شده است. هدف مطالعات قبلی تنها محدود به اثرات مفید آنها بر بیماری‌های قلبی عروقی نبود، بلکه ارزیابی نقش سودمند آن در برابر بیماری‌های التهابی، آلزایمر، دیابت و افسردگی نیز بود.

شکل ۲- اینفوگرافیک اثرات اسیدهای چرب امگا ۳ بر سلامتی انسان

تقاضا برای اسیدهای چرب امگا ۳ در دهه گذشته به دلیل اثرات مفید فزاینده آنها در رابطه با سلامتی به شدت افزایش یافته است. با این حال، متوسط مصرف روزانه EPA و DHA در حال حاضر بسیار کمتر از سطوح مورد نیاز است و جهان در حال حاضر با کمبود منابع پایدار برای برآورده کردن نیازهای فعلی امگا ۳ PUFA مواجه است. همانطور که قبلا توضیح داده شد، ماهی‌ها در حال حاضر منبع اولیه این مواد مغذی هستند، اما به دلیل آلودگی محیطی و سوء استفاده انسان با مشکلات کمبود مواجه هستند و ممکن است به دلیل شکار بی‌رویه منقرض شوند. سازمان خواربار و کشاورزی در سال ۲۰۰۸

گزارشی تحلیلی آماری ارائه کرد که نشان می‌داد تقریباً ۵۳ درصد از ذخایر ماهی دریایی توسط انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. جمعیت منفرد برخی از گونه های ماهی به حدود ۱۰ درصد کاهش یافت، در حالی که بیش از صد گونه ماهی در حال حاضر در اقیانوس ها منقرض شده اند. تخمین زده می شود که اگر سوء استفاده از ماهی با این سرعت بدون هیچ اقدامی ادامه یابد، ممکن است ۴۰ سال دیگر طول بکشد تا از ذخایر شیلات خارج شود. علاوه بر این، روغن ماهی ممکن است حاوی آثاری از فلزات سنگین مانند ترکیبات جیوه آلی و بی فنیل های پلی کلره (PCB) باشد. این نگرانی‌ها وزن را به سمت اتخاذ روش‌های جدید تولید LC-PUFAs برای پوشش سطوح مورد نیاز از طریق تولید گیاهان اصلاح‌شده ژنتیکی و تولید ریزجلبک‌ها در مقیاس بزرگ تغییر داده است. چندین تلاش برای تبدیل گیاهان دانه روغنی به گیاهان جدید اصلاح شده ژنتیکی که قادر به تولید LC-PUFA هستند، انجام شده است. شکل ۳ تلاش برای تولید PUFA های امگا ۳ را نشان می‌دهد.

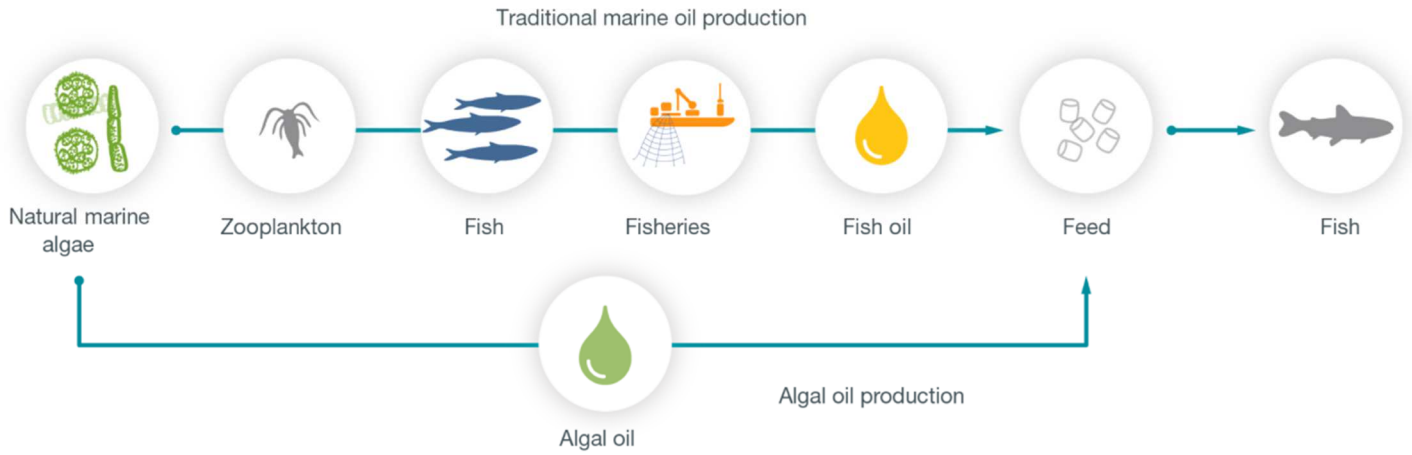


شکل ۳- منابع تولید امگا ۳

۲-۱-۲- راهکار ارائه شده در طرح

راهکار شما برای حل مشکل مطرح شده در بند ۲-۱-۱ چیست؟ آن را به طور مختصر شرح دهید.

اسیدهای چرب امگا ۳ را می‌توان با مصرف روغن ماهی دریایی به دست آورد. دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) و ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) اغلب از طریق منابع دریایی (عمدتا ماهی‌ها و جلبک‌ها) به دست می‌آیند. شگفت‌آورتر اینکه این ترکیبات در واقع توسط خود ماهی‌ها تولید نمی‌شوند، اما ماهی‌ها با مصرف ریزجلبک‌ها یا ماهی‌های کوچکی که قبلاً آنها را در بافت‌های خود انباشته کرده‌اند، این ترکیبات را جمع‌آوری می‌کنند. بنابراین همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، با استفاده از جلبک‌های دریایی طبیعی، می‌توانیم کل زنجیره غذایی را دور بزنیم و امگا ۳ را مستقیماً از منبع طبیعی خود دریافت کنیم. امگا ۳ حاصل از ریزجلبک‌ها یک جایگزین ایده آل و با کیفیت برای روغن‌های ماهی صید وحشی برای تغذیه پایدار حیوانات است. مطابق ادعای شرکت وراماریس یک تن روغن جلبک به اندازه شصت تن ماهی علوفه‌ای EPA و DHA امگا ۳ تولید می‌کند.



شکل ۴- با استفاده از ریزجلبک‌ها، می‌توانیم کل زنجیره غذایی را دور بزنیم و امگا ۳ را مستقیماً از منبع طبیعی خود دریافت کنیم

دانه‌های گیاهی به عنوان منبع مستقیم PUFA استفاده می‌شود، اما غلظت آن در گیاهان عالی به دلیل عدم وجود مسیر بیوسنتزی VLC-PUFA برای تولید EPA و DHA بسیار کم است. تبدیل اسیدهای چرب‌های گیاهی بومی مانند LA و ALA به VLC-PUFA نیاز به آنزیم‌های الانگاز (elongases) و دساتوراز (desaturases) دارد که در گیاهان عالی وجود ندارند. تلاش‌های قابل‌توجهی برای بهبود ترکیب روغن نباتی انجام شده است و پیشرفت چشمگیری در توسعه مسیر

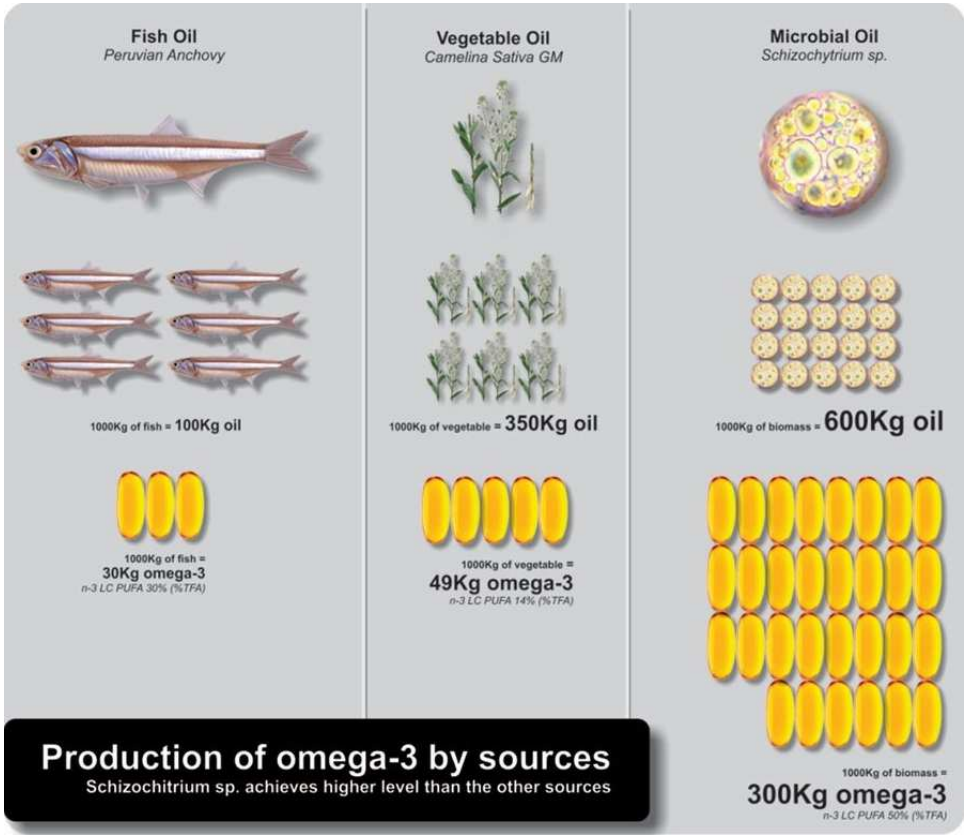
بیوسنتزی بذر VLC-PUFA با تولید آنزیم‌های مورد نیاز در گیاهان حاصل شده است. گیاهان تراریخته (GM) و دانه‌های آن‌ها به‌عنوان منابع جدید امگا ۳ با DHA بالا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تولید EPA و DHA در گیاهان در حال حاضر با استفاده از ژن‌های جلبکی، باکتریایی و مخمری درگیر در سنتز PUFA انجام می‌شود. اگرچه گیاهان تراریخته در حال حاضر منبع جایگزین PUFA برای ماهی و تغذیه انسان هستند، سطح DHA آنها معمولا کمتر از میکروارگانیسم‌های روغنی است. همچنین موانع تجاری زیادی در مورد گیاهان تراریخته وجود دارد که مانع سرمایه گذاری در محصولات اصلاح شده می شود. تولید روغن‌های میکروبی از فرآیندهای بیوتکنولوژیکی پیشرفته ممکن است سطوح پایدار روغن‌های PUFA را قبل از بلوغ سایر فناوری‌ها فراهم کند.

بنابراین استفاده از منابع جایگزین تولید روغن PUFA از موجودات تک سلولی (مانند ریزجلبک‌ها، باکتری‌ها و مخمرها) به عنوان جایگزینی برای روغن ماهی مورد توجه قرار گرفته است (جدول ۱).

	Species
EPA content (g/100 g of FAs)	
29	*Chlorella minutissima*
26.7	*Nannochloropsis* sp.
23.4	*Nannochloropsis oceanica*
~28	*Nannochloropsis salina*
23.13	*Pinguiococcus pyrenoidosus*
21.4	*Dunaliella salina*
DHA content (g/100 g of FAs)	
41	*Crypthecodinium cohnii* sp.
29.3	*Ceratium horridum*
EPA + DHA content (g/100 g of FAs)	
36.5 + 23.6	*Phaeodactylum tricornutum*
41.5	*Pavlova lutheri*
~28.0	*Isochrysis galbana*

این توجه عمدتاً به دلیل افزایش نگرانی‌ها در مورد امنیت غذایی جهانی و حفظ ذخایر ماهی در سراسر جهان و همچنین به دلیل تجمع بالای مواد سمی در ماهی است. ارگانیسم‌های میکروجلبکی دریایی دارای مسیر بیوسنتزی برای غیراشباع‌زدایی متناوب و افزایش طول گروه‌های اسیل C18-PUFA هستند که منجر به تشکیل VLC-PUFAs می‌شود. ریزجلبک‌ها عمدتاً توسط ماهی‌ها در اکوسیستم‌های دریایی مصرف می‌شوند و VLC-PUFA با ترکیب آنها در گوشت بدنشان فراهم می‌کنند.

کشت میکروبی به دلیل بهره‌وری بالا در واحد سطح می‌تواند رویکردی سودآور برای تولید VLC-PUFA باشد. روغن ریز جلبک به طور گسترده برای استفاده در شیر خشک نوزادان به عنوان منبع اسیدهای چرب مورد بررسی قرار گرفته است. جهش‌زایی و سایر تکنیک‌های اصلاح ژن می‌توانند به بهبود محتوای PUFA در این روغن‌ها کمک کنند. DuPont اخیراً یک سویه مخمر ایجاد کرده است که گزارش شده است که مقادیر بالایی از EPA (۵۵٪) را تولید می‌کند. در حال حاضر، ریزجلبک‌های کشت‌شده هتروتروف بیشتر برای تولید DHA به عنوان یک افزودنی غذایی استفاده می‌شوند (Martek Biosciences Corporation)، اما برخی از سیستم‌های کشت اتوتروف نیز در حال انجام هستند (Aurora Algae Inc).



شکل ۵ – مقایسه بازدهی منابع مختلف تولید امگا ۳

۲-۲- کلیات فنی طرح

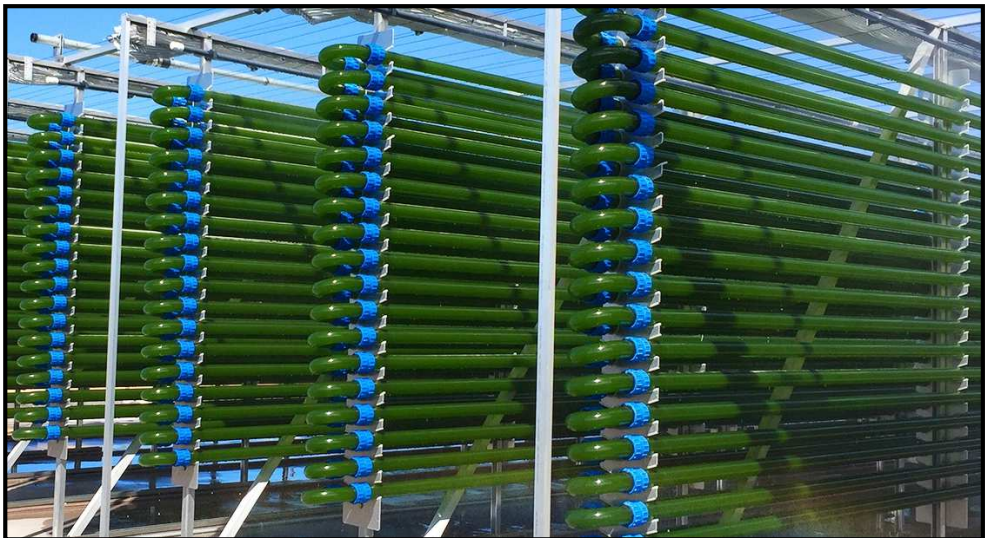
در این طرح قرار است چه فناوری‌هایی را توسعه دهید؟ کلیات آن را به طور مختصر شرح دهید.

سیستم‌های کشت ریز جلبک‌ها جهت مقاصد تجاری بر اساس ویژگی‌های مختلفی قابل دسته‌بندی هستند. رایج‌ترین آنها، طبقه‌بندی سیستم‌های کشت به دو نوع باز و بسته است که هر یک از آن دو را نیز می‌توان بر اساس خصوصیات مختلفی تقسیم بندی نمود. آب موجود در سامانه‌های روباز چون از آب روان آب‌ها مثل دریاچه‌ها تأمین می‌شود دارای انواع عناصر غیرضروری، سایر میکرواورگانیسم‌ها و حتی باکتری‌ها است و ازآنجا که کنترل خاصی در میزان نور و درجه حرارت وجود ندارد، میزان تولید وابسته به محل جغرافیایی حوضچه است و معمولاً تولید به فصول گرم محدود می‌شود. اما برای تولید محصولات با ارزش افزوده بالاتر مانند محصولات دارویی، استفاده از کشت خالص و همچنین سیستم بسته (فتوبیوراکتور) ضروری است.

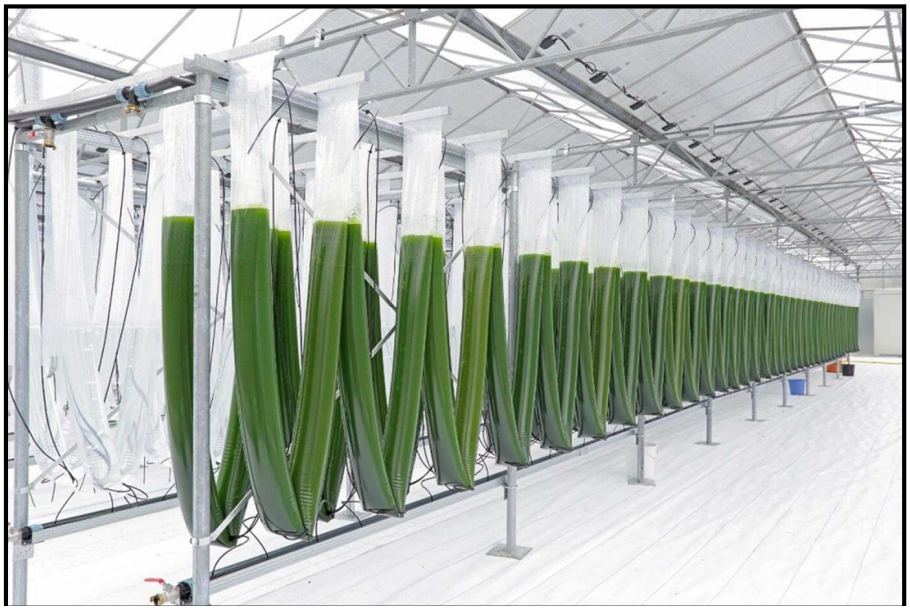
شکل ۶- سیستم‌های کشت روباز ریز جلبک‌ها a) استخر روزباز دایره‌ای b) استخر مستطیلی

تولید ریز جلبک‌ها بر مبنای تکنولوژی فتوبیوراکتورهای بسته به منظور غلبه بر مشکلات سیستم‌های باز به وجود آمده است. به عنوان مثال خطرات آلودگی در سیستم باز، مصارف فرآورده‌های به دست آمده در این سیستم‌ها را برای تولید محصولات با ارزش افزوده بالاتر مانند مواد داروئی و بهداشتی، آرایشی با محدودیت مواجه کرده بود. همچنین بر خلاف سیستم‌های باز در فتو بیوراکتور امکان کشت یک گونه خاص بدون خطر آلودگی برای مدت طولانی وجود دارد. همچنین سیستم‌های بسته برای پرورش گونه‌های حساس مناسب‌تر هستند. بیشتر ریز جلبک‌ها نمی‌توانند به مدت طولانی در سیستم‌های روباز باقی بمانند به این علت که احتمال آلودگی آنها با قارچ‌ها، پروتوزوآها و سایر میکروارگانیسم‌ها وجود دارد. همچنین ممکن

است سایر ریز جلبک‌ها همراه با گونه اولیه کشت داده شده رقابت نماید و بر آن غلبه نماید. فتوبیورآکتورها، یک محیط کشت بسته را فراهم می‌آورند که در برابر تهاجم و رقابت با سایر میکروارگانیسم‌ها ایمن بوده و شرایط کشت ریز جلبک‌ها در آن‌ها به طور موثرتری کنترل می‌شود. علاوه بر این گونه‌های متنوع‌تر و بیشتری از ریز جلبک‌ها را می‌توان در چنین محیط بسته‌ای کشت داد.



شکل ۷- فتوبیورآکتور لوله ای جهت کشت ریزجلبک‌ها



شکل ۸- استفاده از سیستم فتوبگ جهت کشت ریزجلبک‌ها

برای بهره‌برداری تجاری از ریز جلبک‌ها شش مرحله وجود دارد که باید با موفقیت انجام شود. ابتدا باید یک متابولیت با ارزش بالا شناسایی شود. این موضوع کار دشواری نیست؛ هر فردی می‌تواند منابع موجود علمی را مرور کند و نامزدهای بالقوه متابولیت‌های با ارزش بالا را پیدا نماید. دوم، ارگانیسمی که متابولیت مورد نظر را تولید و انباشته می‌کند، باید شناسایی شود. باز هم، در بسیاری موارد، ارگانیسم‌های موجود در منابع علمی مشخص شده‌اند. سوم، یک فرآیند برای تولید ترکیب مورد نظر ایجاد شود. مراحل اولیه چنین فرآیندی ممکن است خیلی دشوار نباشد، به عنوان مثال رشد ارگانیسم در مقیاس آزمایشگاه یا استخراج چند میلی‌گرم از اسیدهای چرب یا رنگدانه مورد نظر. با این حال، در مقیاس تجاری، همه چیز پیچیده‌تر می‌شود. چهارم، به یک ظرف بزرگ برای کشت ارگانیسم احتیاج است. همچنین کنترل شرایط رشد در ظرف کشت به وسایلی نیاز دارد که می‌تواند بسیار مشکل باشد. سطح دشواری متناسب با اندازه ظرف و تحمل (تلورانس) شرایط رشد است. تجربه نشان می‌دهد که با بزرگتر شدن مقیاس، از لحاظ مهندسی مشکل پیدا می‌شود و از نظر زیست شناختی مشکلی نیست. پنجم، متابولیت مورد نظر ممکن است نیاز به استخراج یا جدا شدن از زیست توده جلبک تولید شده، بسته به کاربرد تجاری آن داشته باشد. سرانجام، متابولیت با ارزش بالا که تولید شده است باید به بازار عرضه شود.

کشت ریز جلبک‌ها مهمترین مرحله فرآیند می‌باشد. کشت موفق منجر به یک مایع جلبک بسیار غلیظ «سالم» می‌شود، که می‌تواند در ادامه برای بازیابی متابولیت‌های مورد نظر فرآوری شود. پس از مرحله کشت، مراحل برداشت و استخراج صورت می‌گیرد. هدف از این مراحل آبگیری از زیست توده مرطوب و بازیابی رنگدانه است. روش‌های فراوانی وجود دارد که می‌توان در هنگام برداشت و استخراج از آنها استفاده کرد.

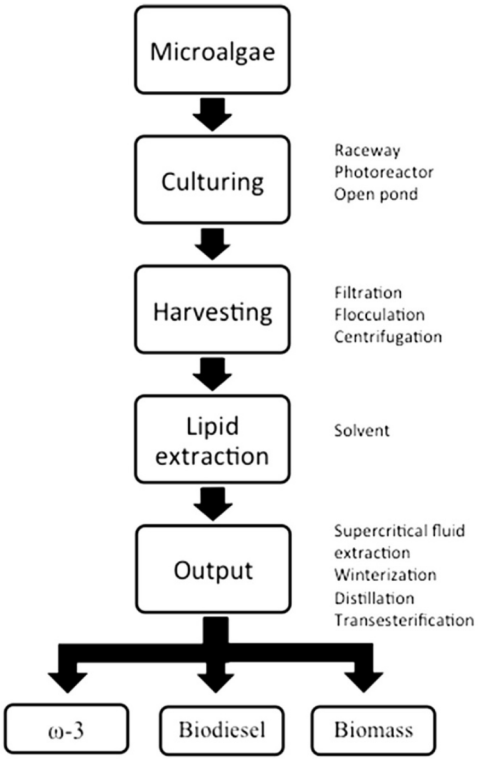
۲-۲-۱- جزییات طرح از منظر فنی

از دیدگاه فنی، جزئیات فناوری مورد نظر را به صورت کامل مورد بررسی قرار دهید.

مراحل انجام کار به شرح زیر می‌باشد:

- تهیه سویه استاندارد
- انتخاب محیط کشت مناسب
- بهینه سازی ترکیبات محیط کشت

- انجام فرآیند کشت در فتوبیورآکتور
- جداسازی و خالص سازی امگا ۳ تولید شده



شکل ۹- مراحل تولید امگا ۳ از ریزجلبک‌ها

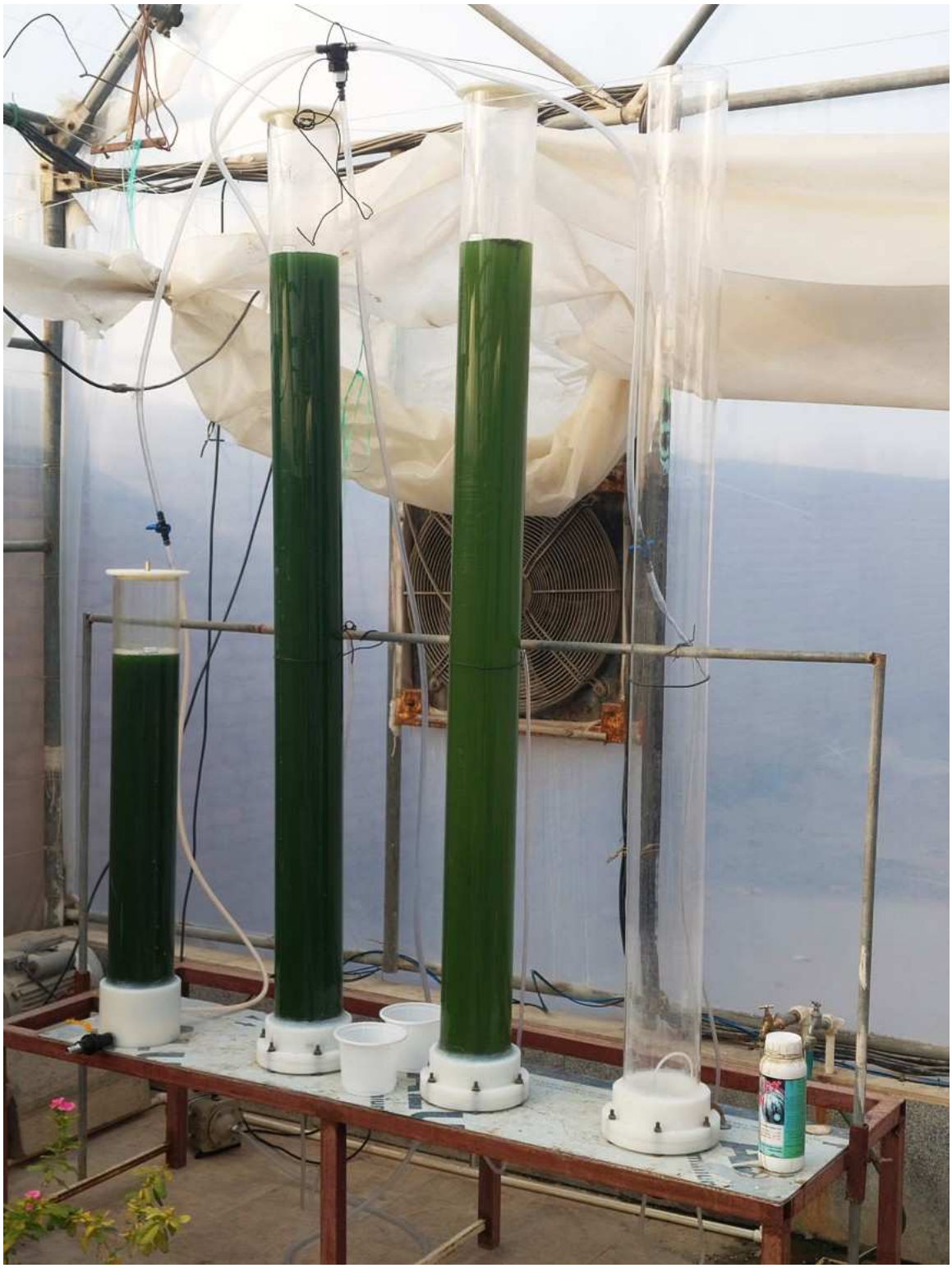
جهت تولید امگا ۳ می‌توان از ریزجلبک‌های مختلفی استفاده نمود اما برای تولید امگا ۳ جلبکی معمولا از *Nannochloropsis* استفاده می‌شود. این سویه ها را می‌توان هم از بانک‌های میکروبی داخلی و هم از خارج کشور (آلمان و چین) تهیه نمود.

برای انجام هر طرح صنعتی لازم است ابتدا نمونه محصول در مقیاس آزمایشگاهی تولید گردد و در صورت موفقیت آمیز بودن نتایج حاصله طرح پایلوت اجرا و اثرات افزایش مقیاس بر عملکرد سیستم مورد بررسی قرار گیرد و در نهایت برای تولید در مقیاس‌های بزرگتر برنامه‌ریزی انجام گیرد. در این پروژه از دانش فنی بومی که پس از سالها تحقیق در مجموعه جهاد دانشگاهی به دست آمده است، استفاده می‌شود. با توجه به اینکه نمونه آزمایشگاهی فتو بیورآکتور لوله‌ای و هوابالابر در جهاد دانشگاهی واحد آذربایجان غربی طراحی و ساخته شد و کشت ریزجلبک اسپیرولینا در آن موفقیت آمیز بوده است.

نمونه‌هایی از فعالیتهای انجام شده در این زمینه در جهاد دانشگاهی واحد آذربایجان غربی در تصاویر ۱ و ۲ نشان داده شده است.

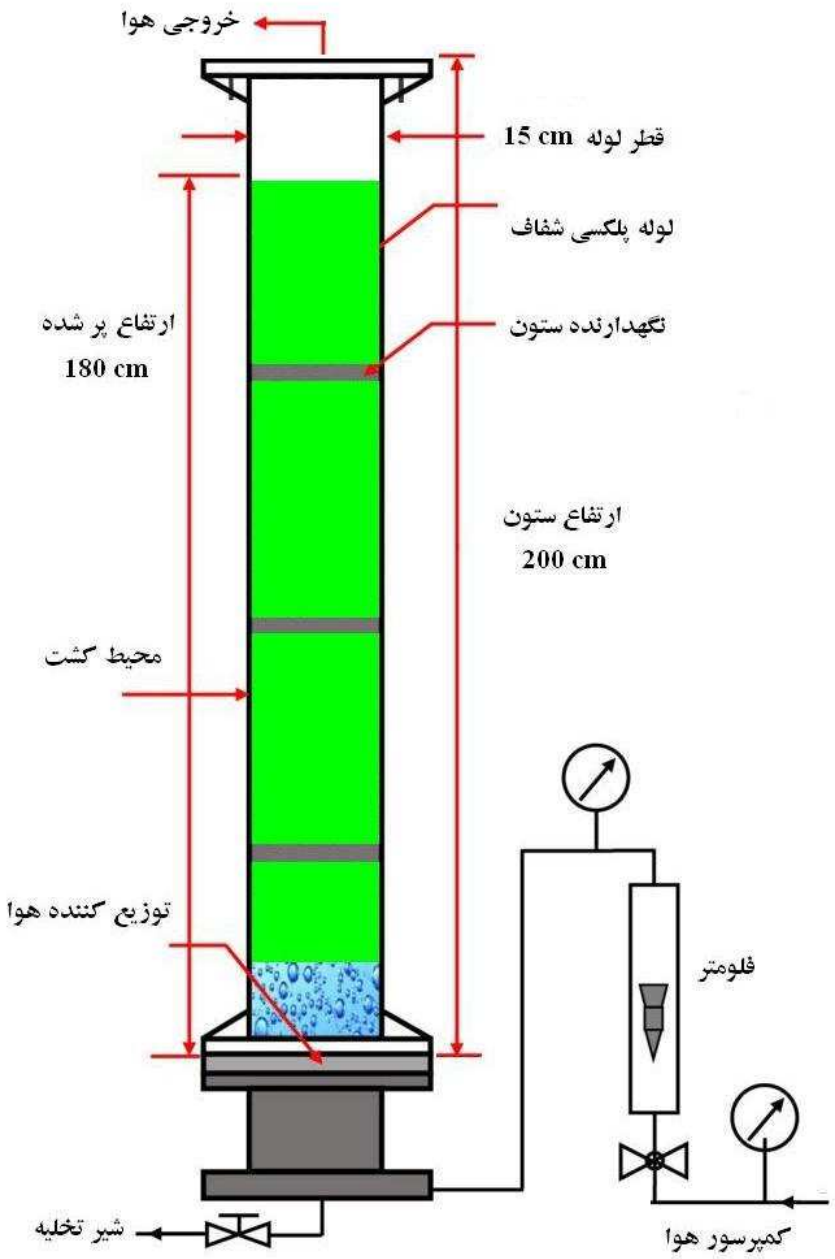
با توجه به فضای گلخانه ای موجود در مجتمع تحقیقاتی جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی، در حال حاضر ظرفیت ایجاد ۳۰۰ واحد فتوبیوراکتور هوابالابر با حجم کاری ۳۰ لیتر (شکل ۲ و ۳) وجود دارد که معادل کشت ۱۰/۰۰۰ لیتر ریز جلبک می باشد. با فرض تولید حداقلی (۱ تا ۱/۵ گرم توده زیستی در هر لیتر) می‌توان در هر ماه حدود ۱۰ الی ۱۵ کیلوگرم توده زیستی جلبکی خشک شده تولید نمود. درصد اسیدهای چرب موجود در ریزجلبک ها بسته به نوع ریزجلبک مورد استفاده از ۲۰ الی ۵۰ درصد متغیر است. در فاز نخست جهت استخراج اسیدهای چرب از توده زیستی، روش استخراج با حلال به کار گرفته خواهد شد.

شکل ۱۰- کشت موفقیت آمیز ریزجلبک در فتو بیوراکتور لوله‌ای ساخته شده در جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی



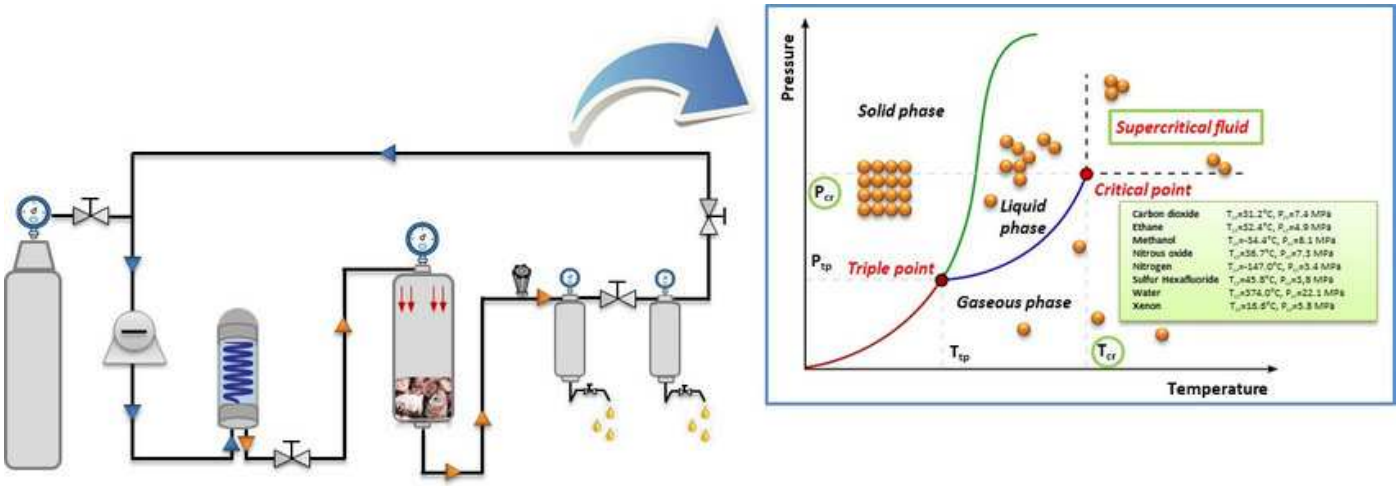
شکل ۱۱- کشت موفقیت آمیز ریزجلبک در فتو بیوراکتور هوابالابر ساخته شده در جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی

در این پروژه از فتوبیورآکتور هوابالابر (Airlift Photobioreactor) جهت تولید توده زیستی ریزجلبک استفاده خواهد شد. طرح شماتیک فتوبیورآکتور و شرح اجزای مختلف فتوبیورآکتور هوابالابر در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۲- طرح شماتیک بیوراکتور هوابالابر جهت کشت ریزجلبک

همانطور که در بخش انتهایی پروپوزال به طور مفصل شرح داده شده است، جهت استخراج امگا ۳ از توده زیستی جلبک از دستگاه های سیال فوق بحرانی شرکت گلفام دارو ارومیه جهت استخراج و تولید محصول نهایی در شرایط بهداشتی استفاده می‌شود.



شکل ۱۳- طرح شماتیک روش سیال فوق بحرانی جهت استخراج امگا ۳ از ریزجلبک

شکل ۱۴- دستگاه سیال فوق بحرانی شرکت گلفام دارو ارومیه با طرفیت مناسب جهت انجام طرح پایلوت

Click here to enter text.

۲-۲-۲- جزییات طرح از منظر ساختاری

آیا داشتن این فناوری چرخه خاصی را تکمیل می‌کند؟ جایگاه فناوری را در کل ساختار صنعت و فناوری کشور تشریح نمایید.

بیوتکنولوژی ریزجلبک‌ها رفته رفته به یکی از سود آورترین صنایع به خصوص در زمینه داروئی تبدیل می‌شود. پیشرفت-هایی که در این زمینه در دنیا صورت گرفته، جایگاه این شاخه از صنایع را در آینده‌ای نه چندان دور بیش از پیش تثبیت خواهد کرد. از این رو با توجه به تنوع اقلیمی و نیز توان بالقوه صنعتی کشور، تلاش در جهت افزایش سهم ایران در این صنعت رو به رشد مفید به نظر می‌رسد. توسعه بیوتکنولوژی ریز جلبک‌ها مستلزم شناسایی توانایی آنها و همچنین طراحی سیستم‌های کشت مطلوب جهت استفاده از ویژگی‌های بالقوه این موجودات است.

Click here to enter text.

۲-۳- اهمیت و جذابیت طرح

در این بخش معیارهای در نظر گرفته شده برای جذابیت به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند. آیا دستیابی به فناوری مورد نظر برای کشور موضوعی استراتژیک محسوب می‌شود؟

Click here to enter text.

۲-۳-۱- جذابیت فناورانه

- **تاثیر بر جایگاه کشور در منطقه و دنیا/اهمیت استراتژیک**

این فناوری را چند کشور در سطح دنیا در اختیار دارند؟ در سطح منطقه چند کشور فناوری مورد بحث را در اختیار دارند؟ ایران چندمین کشوری است که به این فناوری دست خواهد یافت؟ چه کشورهایی فناوری را ندارند ولی روی آن کار می‌کنند؟ دستیابی به فناوری مورد نظر چگونه ما را در همکاری‌های بین‌المللی وارد خواهد نمود؟

میکروارگانیسم ها توانایی بسیار خوبی برای تولید اسیدهای چرب امگا ۳ دارند. این اسیدهای چرب اشباع نشده به دلیل فواید مفیدی که برای سلامتی دارند، مانند کاهش مشکلات قلبی عروقی و سایر بیماری‌های دژنراتیو مزمن، اهمیت زیادی برای انسان دارند.

پیشرفت‌های صورت گرفته در بهینه‌سازی محیط کشت و سهولت مطالعه افزایش مقیاس بیوراکتور، امکان جدیدی را برای تولید انبوه زیست توده فرآهم می‌کند که منجر به تولید سطوح بالاتر اسیدهای چرب امگا ۳ می‌شود. بنابراین، علاقه به

فرآوری زیستی ریزجلبک‌ها و سایر میکروارگانیسم‌های روغنی برای تولید اسیدهای چرب امگا ۳ در صنعت بیوتکنولوژی رو به افزایش است. نیاز به یک روش ساده و با ارزش اقتصادی برای استخراج اسید چرب امگا ۳ وجود دارد زیرا اسید چرب چندگانه غیراشباع ریزجلبکی برای کاربردهای فرآوری مواد غذایی بی خطر در نظر گرفته می‌شود. روش‌های مختلف فیزیکوشیمیایی مسیرهای امیدوارکننده‌ای را در استخراج با بازده بالاتر اسیدهای چرب امگا ۳ نشان داده‌اند. بنابراین، بازاری برای روش های استخراج دوستدار محیط زیست برای تولید اسیدهای چرب امگا ۳ با کیفیت بالا وجود دارد.

در حال حاضر تولید امگا ۳ از ریزجلبک در کشورهای آمریکا، چین و آلمان انجام می‌شود. در سطح کشورهای منطقه هیچ فعالیتی در این زمینه انجام نمی‌شود.

Click here to enter text.

- **ایجاد زمینه‌های جدید**

با در اختیار داشتن فناوری مورد نظر چه زمینه‌های جدیدی از تحقیق و توسعه گشوده خواهد شد؟ چقدر احتمال دارد این زمینه‌های جدید به ایجاد فناوری‌های جدید منجر شوند؟ چقدر ما را در رسیدن به آنچه که به دلیل تحریم یا دلایل دیگر نمی‌توانیم برسیم کمک خواهد کرد؟ چقدر احتمال دارد اکتشافات جدیدی با استفاده از فناوری مورد نظر انجام شود؟

با استفاده از این فناوری می‌توان از زمین‌های غیر قابل کشت، توده زیستی با ارزش افزوده بالا تولید کرد. از سیستم کشت در فتوبیورآکتورها می‌توان گونه های ریزجلبکی متعددی را کشت نمود و محصولاتی با ارزش مانند افزودنی‌های غذایی، خوراک دام (از جمله آبزی پروری)، ویتامین‌ها، رنگدانه ها، ترکیبات دارویی، لوازم آرایشی و سوخت زیستی تولید نمود.

Click here to enter text.

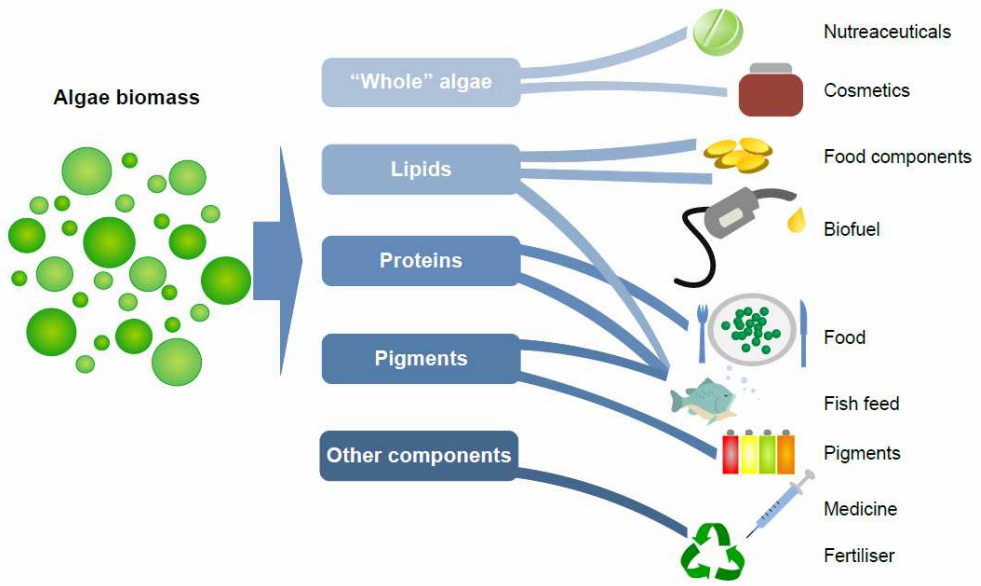
- **تنوع کاربردها**

فناوری مورد نظر/محصول خروجی فناوری، در چه زمینه‌هایی کاربرد دارد؟ آیا تنها در یک صنعت خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد و یا در صنایع مختلف کاربردهای متنوع خواهد داشت؟

ریزجلبک‌ها (جلبک‌های میکروسکوپی) به دلیل دارا بودن مواد مغذی ارزشمند علاوه بر طبقه‌بندی به عنوان غذا، با کاربردهای متفاوتی مانند مکمل غذایی، رنگدانه، غذای آبزیان، تثبیت کننده ازت و کود بیولوژیک نیز تولید شده‌اند. تولید اسیدهای چرب غیر اشباع که در گیاهان و جانوران وجود ندارد مخصوص ریز جلبک‌ها می‌باشد. این میکروارگانیسم‌ها

دارای میزان بالایی پروتئین بوده و قدرت سنتز همه اسیدهای آمینه ضروری را دارند. کربوهیدرات‌های ریزجلبک‌ها به صورت نشاسته، گلوکز و سایر پلی‌ساکاریدهاست و به دلیل قابلیت هضم بالا محدودیتی برای استفاده خوراکی ندارند.

لیپیدهای جلبک‌ها حاوی اسیدهای چرب اشباع شده و اشباع نشده از جمله اسیدهای چرب مهم امگا ۳ و امگا ۶ است. جلبک‌ها قدرت تولید همه ویتامین‌های ضروری از جمله ویتامین E، C، A، B1، B2، B6، B12 را دارند. آنها غنی از رنگدانه از جمله کاروتنوئیدها (بتاکاروتن، استاگزنتین و...) است و تحقیقات نقش موثر آنها را در افزایش مقاومت به عفونت‌های ویروسی، باکتریایی، قارچی و انگلی، کاهش احتمال بیماری‌های کرونری قلب و نیز جلوگیری از سرطان نشان داده است.



شکل ۱۵- تنوع محصولات به دست آمده از ریزجلبک‌ها

Click here to enter text.

۲-۳-۲- جذابیت اقتصادی

- **تولید ثروت**

گردش مالی کل حاصل از در اختیار گرفتن فناوری چقدر خواهد بود؟ میزان تاثیر آن بر قیمت تمام شده کالا و یا خدمات چگونه است؟ چه میزان صرفه جویی ارزی/ریالی در پی خواهد داشت؟ چه میزان و چگونه بر بهره‌وری تاثیر می‌گذارد؟ کل ارزش افزوده مستقیم و غیرمستقیم حاصل از اجرای پروژه چقدر است؟

بازار جهانی امگا ۳ درآمدی معادل ۱۹/۷ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۹ ایجاد کرد و پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به ۴۹/۷ میلیارد دلار برسد و با رشد مرکب سالانه (CAGR) ۸/۸ درصدی طی سال های ۲۰۲۰-۲۰۳۰ پیشرفت کند. افزایش آگاهی مصرف کنندگان در مورد تغذیه سالم باعث رشد بازار در سراسر جهان می‌شود. در میان تمام مناطق، انتظار می رود آسیا و اقیانوسیه (APAC) سریع ترین رشد را در بازار در طول دوره پیش بینی ثبت کند.

افزایش آگاهی مصرف کنندگان در مورد محصولات بهداشتی یک روند اصلی در بازار امگا ۳ است. مصرف کنندگان به طور فزاینده ای محصولات بهداشتی و زیبایی را به عنوان مکمل غذاهایی که مصرف می‌کنند می‌پذیرند. زنجیره جدیدی از محصولات دارای موقعیت مواد مغذی که از غذاهای غنی شده/عملکردی گرفته تا مکمل‌های مغذی گسترش می‌یابد در سراسر جهان در حال ظهور است. در مورد صاحبان حیوانات خانگی، این تداوم به غذاهای حیوانات خانگی و محصولات نظافتی گسترش می‌یابد، که اساساً طیف وسیعی از محصولات انسانی موجود را تکرار می‌کند.

صنعت شاهد افزایش سریع مصرف مکمل‌های امگا ۳ در پنج سال گذشته بوده است، با شواهد رو به رشدی که از استفاده از آنها در پیشگیری از بیماری‌های قلبی عروقی، افسردگی، آرتریت روماتوئید و آسم و کاهش زوال شناختی حمایت می‌کند. از آنجایی که اینها ضروری هستند و نمی توانند در بدن انسان سنتز شوند، اسیدهای چرب امگا ۳ باید از طریق رژیم غذایی به دست آیند. این امر باعث رشد بازار در سراسر جهان می شود. علاوه بر این، از آنجایی که دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) به ویژه در طول بارداری و در مراحل اولیه زندگی نوزاد ضروری است، مادران باردار و شیرده نیز استفاده از این مکمل ها را ترجیح می دهند. علاوه بر این، نیاز به DHA برای رشد مغز در نوزادان حیاتی است. همه این عوامل باعث رشد بیشتر بازار امگا ۳ در سراسر جهان می شود.

انتظار می‌رود نیاز به مکمل ها توسط تعداد فزاینده ورزشکاران در سراسر جهان فرصتی برای بازار امگا ۳ ایجاد کند. تعدادی از مطالعات تحقیقاتی در صنعت در مورد مزایای گسترده مکمل ها و غذاهای کاربردی شامل امگا ۳ حیوانی و گیاهی در

حال انجام است. این مکمل ها به دلیل توانایی خود در مبارزه با التهاب، در نتیجه کاهش درد و حساسیت مفاصل مرتبط با آرتریت شناخته شده اند.

جذابترین بازار برای امگا ۳ حاصل از ریزجلبک‌ها عمدتاً به افزایش تقاضا برای محصولات شیر خشک در مناطق در حال توسعه مربوط می‌شود. چین به دلیل نرخ بالای تولد در این کشور، بزرگترین مصرف کننده محصولات شیر خشک در جهان است. ترکیبات DHA و EPA برای رشد مغز نوزاد و تقویت ایمنی ضروری هستند. شیر خشک شیرخوار سهم عمده بازار محصولات مصرفی جلبک امگا ۳ را در چین دارد. طبق یک مطالعه نروژی، امگا ۳ تأثیر مثبتی بر مغز کودک دارد و توانایی حل مسئله کودک را افزایش می‌دهد. بر اساس مطالعات تحقیقاتی اخیر، دوزهای بالای DHA در شیر خشک یا شیر مادر می تواند تأثیر مثبتی بر رشد نوزادان نارس مانند افزایش قد داشته باشد. در کشورهایی مانند چین که هم جمعیت بزرگسال و هم جمعیت نوزادان در حال افزایش است، تقاضا برای تغذیه نوزادان و غذای کودک به طور مداوم در حال افزایش است. تقاضا برای غذای کودک غنی شده با امگا ۳ از سوی والدینی که سبک زندگی پرمشغله ای دارند و زمان کمتری برای تهیه وعده های غذایی دارند، در حال افزایش است.

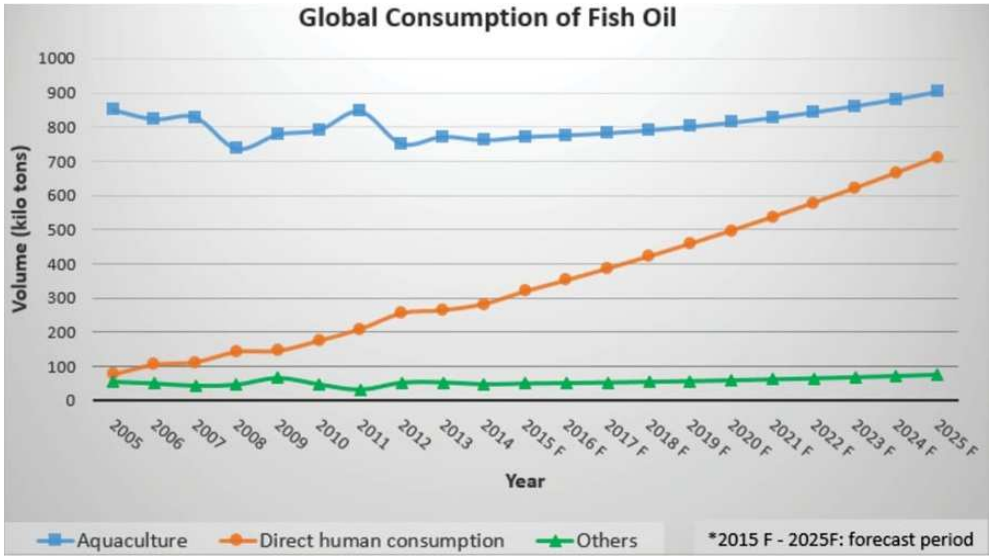
ایالات متحده در آمریکای شمالی بیشترین سهم را در بازار جهانی مواد تشکیل دهنده امگا ۳ جلبک ها به خود اختصاص داده است. این به دلیل افزایش مصرف مکمل های امگا ۳، غذاهای غنی شده و افزایش آگاهی در مورد فواید سلامتی امگا ۳ است. همچنین، گسترش داخلی شرکت‌های پیشرو و عرضه مکرر محصولات با فرمولاسیون پیشرفته، به رشد بازار در منطقه دامن زده است. در ایالات متحده، دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) یک عنصر اصلی است که در تغذیه نوزادان استفاده می-شود. تقریباً تمام برندهای ارائه دهنده فرمول تغذیه نوزادان در کشور از DHA به عنوان یک ماده تشکیل دهنده استفاده می-کنند که به هزینه شیر خشک می افزاید که باعث افزایش رشد بازار مواد تشکیل دهنده امگا ۳ جلبک در کشور می‌شود. به عنوان مثال، Enfamil، یک شرکت مستقر در ایالات متحده، پودر شیر مغذی Enfagrow A+ Stage 4 را ارائه می‌دهد که از DHA به همراه سایر پری بیوتیک‌ها و ریز مغذی‌های ضروری تشکیل شده است.

Click here to enter text.

- **صادرات**

دستیابی به فناوری مورد نظر چه میزان بر صادرات می‌تواند موثر باشد؟ اندازه بازار محصول خروجی در ایران و کل دنیا چقدر است؟ چه کشورهایی مصرف‌کننده عمده خروجی این فناوری هستند؟ شرکت‌های تامین‌کننده جهانی کدامند؟ سهم بازار هر یک چقدر است؟

منبع اصلی DHA برای غذاهای کاربردی روغن ماهی است. کاربردهای آن شامل آبزی پروری، مصرف انسانی و سایر کاربردهای جزئی مانند هیدروژناسیون و مصارف صنعتی است. آبزی پروری بخشی است که بیشتر روغن ماهی را مصرف می کند و حدود ۷۰ درصد از تقاضای جهانی را تشکیل می دهد. در دهه گذشته، افزایش هزینه‌های خوراک ماهی، پرورش دهندگان ماهی را تشویق کرد تا پروتئین و روغن‌های منابع گیاهی را جایگزین پودر ماهی و روغن ماهی کنند و این امر منجر به کاهش تقاضای روغن ماهی در آبزی پروری می‌شود که رشد تخمینی آن در دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۵ تنها ۱۷ درصد است. این در حالی است که مصرف انسان بر اساس روند فعلی تقریباً ۸۰ درصد در مدت مشابه افزایش خواهد یافت.



شکل ۱۶- مصرف جهانی روغن ماهی در دهه گذشته و پیش بینی های آتی آن - پیش بینی تا سال ۲۰۲۵

استفاده از پروتئین ها و روغن های گیاهی در رژیم غذایی ماهیان اسیر از نظر ضریب تبدیل غذایی آنها کافی است. با این حال، تولید امگا ۳ با زنجیره بلند در روغن و گوشت این ماهی ها با کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصدی در غلظت EPA و DHA مختل می شود. علاوه بر این، نسبت امگا ۳ به امگا ۶ نیز به نسبتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد که باید بین ۵ تا ۱۰ باشد، اما نزدیک به ۱ بود. منابع میکروبی می توانند خوراک متعادل تری را برای استفاده در آبزی پروری فراهم کنند.

Click here to enter text.

۲-۳-۳- جذابیت اجتماعی

- **ارتقای غرور ملی**

محصول پروژه تا چه میزان مخاطب وسیع در سطح ملی دارد و تا چه میزان می‌تواند موجب ارتقای غرور ملی شود؟

Click here to enter text.

- **امنیت ملی**

خروجی پروژه تا چه میزان بر امنیت ملی موثر است؟ احساس امنیت در جامعه را چقدر تحت تاثیر قرار خواهد داد؟

Click here to enter text.

- **کیفیت زندگی و سلامت**

فناوری مورد نظر چگونه و به چه میزان بر کیفیت زندگی افراد جامعه تأثیر می‌گذارد؟ سلامت عمومی جامعه را چگونه تحت تاثیر قرار می‌دهد؟

مصرف مکمل‌های EPA و DHA از بیماری های قلبی عروقی، سیستم عصبی و التهابی جلوگیری می‌کند. با توجه به اهمیت سلامت قلب و عروق، مصرف منظم اسیدهای چرب ω-3 می‌تواند به کاهش خطر فشار خون بالا، ترومبوز، سکته قلبی کمک کند. علاوه بر این، دیده شده است که آنها اثرات مفیدی برای افسردگی، آرتریت روماتوئید و آسم دارند.

Click here to enter text.

- **اشتغال تخصصی**

برآورد میزان تولید شغل برای افراد با تحصیلات کارشناسی و بالاتر به صورت مستقیم و غیر مستقیم به چه اندازه است؟

Click here to enter text.

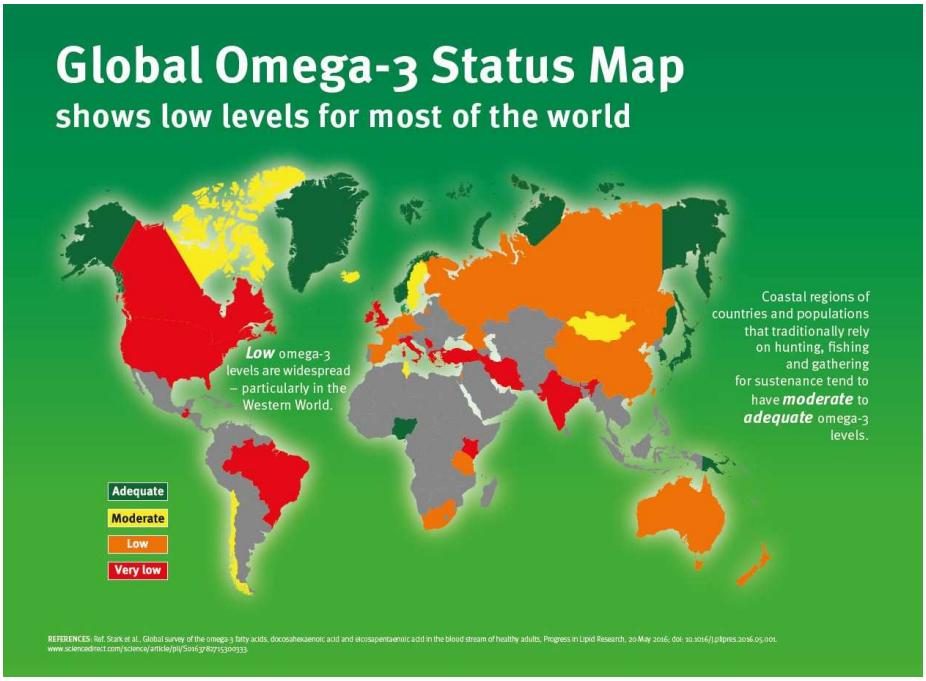
Click here to enter text.

۲-۴- بازار

۲-۴-۱- تقاضای بازار

مشتریان نهایی و دستگاه‌های بهره‌بردار کدامند؟ تقاضای بالقوه و موجود برای محصول نهایی چقدر است؟ پیش‌بینی تقاضا برای سال‌های آینده چه میزان است؟

یک مطالعه جدید نشان می دهد که بزرگسالان در اکثر مناطق جهان وضعیت اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ (PUFA) کم تا بسیار پایین دارند (شکل ۹). سطوح پایین PUFA در جریان خون با خطر بالای بیماری های مزمن مانند بیماری های قلبی عروقی، سرطان و دیابت مرتبط است. این نقشه جهانی اولین در نوع خود است. چنین نمای کلی دقیقی از وضعیت PUFA قبلاً هرگز در دسترس نبوده است.



شکل ۱۷- نقشه وضعیت امگا ۳

محققان ۲۹۸ مطالعه را برای ایجاد یک نقشه جهانی نشان دهنده سطوح EPA و DHA در جریان خون افراد بالغ سالم در سراسر جهان بررسی کردند و مشخص کردند کدام مناطق بیشتر در معرض خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن هستند. مناطق طبقه بندی شده به عنوان دارای سطوح خونی EPA و DHA بسیار پایین (کمتر از ۴٪) شامل آمریکای شمالی، جنوبی و مرکزی، اروپای مرکزی و جنوبی، خاورمیانه، آسیای جنوب شرقی و آفریقا بودند. دریای ژاپن، اسکاندیناوی، و مناطقی با

جمعیت بومی یا جمعیتی که عادات غذایی غربی را نپذیرفته‌اند به عنوان دارای وضعیت بالای EPA و DHA (بیش از ۸٪) طبقه بندی شدند.

Click here to enter text.

۲-۴-۲- میزان رقابت در بازار

به جز این شرکت چند شرکت دیگر محصولات مشابه (جایگزین) تولید می‌کنند؟ سهم بازار آن‌ها چگونه است؟ وضعیت واردات محصول چگونه است؟

Click here to enter text.

۲-۵- رقبا

۲-۵-۱- راهکارهای کنونی

آیا برای مشکل مطروحه، در حال حاضر راه حلی در کشور وجود دارد؟ نیاز کشور در این زمینه چگونه تامین می‌شود؟ چه بازیگرانی در این زمینه در کشور فعال هستند؟

Click here to enter text.

۲-۵-۲- مزیت رقابتی راهکار فعلی

اگر برای مشکل مذکور، راه حلی در کشور وجود دارد، مزیت رقابتی این طرح نسبت به راهکارهای موجود چیست؟

Click here to enter text.

۳- اجرا

۳-۱- برنامه بازاریابی/ تجاری‌سازی/فروش

آیا برای بازاریابی و تجاری‌سازی محصول نهایی خود برنامه‌ای دارید؟ آیا شبکه مشتریان بالقوه و بالفعل محصول خود را شناسایی کرده و با آن‌ها ارتباط برقرار کرده‌اید؟ برنامه شما برای فروش و انعقاد قراردادهای نهایی با مشتریان محصول چیست؟

Click here to enter text.

۳-۲- عملیات اجرایی

۳-۲-۱- محل اجرای طرح و زیرساخت‌ها

موقعیت زیرساخت‌های اجرای طرح را که در اختیار دارید، شرح دهید. این زیرساخت‌ها شامل آزمایشگاها، خطوط تولید، ساختمان اداری ، مراکز فروش، واحدهای صنعتی و تولید، انبار و... می‌شود.

Click here to enter text.

۳-۲-۲- تجهیزات و مواد اصلی مورد نیاز

برای انجام طرح، تجهیزات و مواد اصلی مورد نیاز را شرح دهید. چه بخشی از این تجهیزات در حال حاضر در اختیار شرکت است؟ چه بخشی از تامین این تجهیزات از طریق داخلی و چه بخشی از طریق خرید خارجی انجام می‌شود؟

Click here to enter text.

۳-۳- مجوز و استاندارد

۳-۳-۱- استانداردهای مورد نیاز

برای این محصول چه استانداردهایی (ملی و بین‌المللی) تدوین شده است؟ کسب کدام یک از این استانداردها برای عرضه محصول نهایی به بازار الزامی است؟

Click here to enter text.

۳-۳-۲- مجوزهای مورد نیاز

آیا برای تجاری‌سازی و بهره‌بردای از محصول نهایی نیاز به اخذ مجوز خاصی از نهادهای ذی‌ربط (مانند وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و وزارت صمت) است؟ فرایند اخذ این مجوزها چگونه است؟

Click here to enter text.

۳-۳-۳- پروانه های مورد نیاز

آیا برای تولید صنعتی و انبوه محصول، نیاز به پروانه خاصی است؟

Click here to enter text.

۳-۴- شرح خدمات، زمان‌بندی و فازبندی طرح

در این بخش، زمان‌بندی و فازبندی و فرایند اجرای طرح را با جزییات تشریح کنید. این بخش در پیوست شماره ۱ انجام شود.

Click here to enter text.

۳-۵- شاخص ها و مقاطع گزارش دهی

شاخص‌های اصلی پیشرفت طرح (milestone) را بیان کنید. در چه مقاطع زمانی به این نقاط پیشرفت خواهید رسید؟

Click here to enter text.

مطابق زمان بندی پروژه که در بخش پیوست ارایه شده است، در پایان هر فاز گزارش ارایه خواهد شد.

۳-۶- برآوردهای مالی و هزینه‌های طرح

۳-۶-۱- هزینه های پرسنلی

ردیف	نام و نام خانوادگی	میزان تحصیلات	مسولیت در طرح	هزینه همکاری در ماه	تعداد ماه همکاری	جمع هزینه در ماه
۱	علیرضا امیرصادقی	بیوتکنولوژی مهندسی	مجری	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۳۰	۱/۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۲	سیاوش همتی	بیوتکنولوژی کشاورزی	همکار کشت	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۰	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۳	عباس جعفری	بیوتکنولوژی مهندسی	مشاور فنی	۳۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۰	۳۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۴	ندا مهر آور	میکروبیولوژی	مشاور کشت	۳۰/۰۰۰/۰۰۰	۵	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰
۵	علی طبسی	بیوتکنولوژی مولکولی	مشاور	۳۰/۰۰۰/۰۰۰	۵	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰
۶	رضا حسین زاده	دکتری بیوفیزیک	مشاور	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۳	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰
۷	بهروز آتشبار	دکتری اکولوژی آبزیان	مشاور	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۳	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰
۸	محمد قشلاقی	دکتری تجزیه	آنالیز	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۶	۳۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۹	راحله طهماسبی	دکتری تجزیه	تخلیص	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۶	۳۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۰	رامین ملکی	دکتری تجزیه	جداسازی	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۶	۳۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۱	تکنسین ۱	کارشناسی	تولید	۸۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۰	۱/۶۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۲	تکنسین ۲	کارشناسی	تولید	۸۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۰	۱/۶۰۰/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل هزینه‌های پرسنلی برای کل زمان اجرای طرح (ریال):						**۷/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰**

۳-۶-۲- هزینه مواد اولیه و مصرفی مورد نیاز

ردیف	نام ماده مصرفی	کشور تأمین کننده	تعداد/ مقدار (با ذکر واحد)	قیمت واحد	قیمت کل
۱	ترکیبات محیط کشت ریزجلبک (انواع مواد مغذی)	ایران	–	–	۱/۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۲	سرنگ هامیلتون	ایران	۴	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۳	سپتوم ویژه MS	ایران	۱ بسته	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۵۰/۰۰۰/۰۰۰
۴	استاندارد اسید های چرب	ایران	۱ عدد	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰
۵	هگزان خلوص بالا	ایران	۲۲۰ لیتر	۳/۰۰۰/۰۰۰	۶۶۰/۰۰۰/۰۰۰
۶	متانول خلوص بالا	ایران	۲۲۰ لیتر	۳/۰۰۰/۰۰۰	۶۶۰/۰۰۰/۰۰۰
۷	اسید سولفوریک خلوص بالا	ایران	۵ لیتر	۸/۰۰۰/۰۰۰	۴۰/۰۰۰/۰۰۰
۸	دی اتیل اتر	ایران	۵ لیتر	۲/۰۰۰/۰۰۰	۱۰/۰۰۰/۰۰۰
۹	کلرفرم	ایران	۵ لیتر	۲/۰۰۰/۰۰۰	۱۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۰	استون	ایران	۲۲۰ لیتر	۱/۰۰۰/۰۰۰	۲۲۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۱	ایزوپروپانول	ایران	۲۲۰ لیتر	۱/۰۰۰/۰۰۰	۲۲۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۲	آنزیم پکتیناز	ایران	۱ کیلو گرم	۱۵/۰۰۰/۰۰۰	۱۵/۰۰۰/۰۰۰
۱۳	آنزیم آملاز	ایران	۱ کیلو گرم	۱۵/۰۰۰/۰۰۰	۱۵/۰۰۰/۰۰۰
۱۴	آنزیم سلولاز	ایران	۱ کیلو گرم	۳۰/۰۰۰/۰۰۰	۳۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۵	شیشه آلات آزمایشگاهی	ایران	–	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل هزینه‌ها:					**۴/۲۸۰/۰۰۰/۰۰۰**

۳-۶-۳- هزینه دستگاهها و تجهیزات مورد نیاز

ردیف	نام دستگاه و تجهیزات	تعداد/ مقدار (با ذکر واحد)	کشور سازنده	کاربرد دستگاه	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل
۱	سازه گلخانه	۴۰۰ متر	ایران	سالن تولید	–	در اختیار می باشد
۲	لوله آکریلیک شفاف	۳۰۰	ایران	فتوبیورآکتور	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۵/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۳	ساخت استراکچر فلزی	–	ایران	سازه نگهداری	–	۱/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۴	لوله و اتصالات مورد نیاز	–	ایران	پایپینگ	–	۱/۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۵	کمپرسور هوا اسکرو	۲	ایران	هوادهی	۱/۳۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۲/۶۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۶	پمپ آب	۴	ایران	انتقال سیالات	۴۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۶۰/۰۰۰/۰۰۰
۷	سختی‌گیر آب	۱	ایران	تصفیه آب	۹۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۹۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۸	مخازن مورد نیاز	۴	ایران	نگهداری	۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۹	دستگاه برداشت جلبک	۱	ایران	برداشت جلبک	۱/۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۱/۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۰	دستگاه مایکروویو استخراج	۱	ایران	استخراج	۸۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۸۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۱	دستگاه اولتراسونیک	۱	ایران	استخراج	۶۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۶۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۲	پرس سرد روغن گیری	۱	ایران	استخراج	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۳	آون تخت خلا	۱	ایران	استخراج	۸۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۸۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۱۴	پمپ خلا روتاری	۱	ایران	استخراج	۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۰۰/۰۰۰/۰۰۰
جمع کل:					**ریالی**	**۲۵/۴۶۰/۰۰۰/۰۰۰**
					ارزی	

۳-۶-۴- سایر هزینه‌ها (اجاره، خرید خدمت ، و....)

ردیف	عنوان هزینه	واحد پول (ریال)	مبلغ هزینه
۱	خرید سویه	ریال	۵/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰
۲			
۳			
۴			
۵			
جمع کل:		**ریالی**	**۵/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰**
		ارزی	

۳-۶-۵- مجموع هزینه‌ها (جدول و نمودار)

ردیف	نوع هزینه	هزینه ریالی
۱	**نیروی انسانی**	**۷/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰**
۲	**وسایل و مواد مورد نیاز**	**۴/۲۸۰/۰۰۰/۰۰۰**
۳	**دستگاهها و تجهیزات مورد نیاز**	**۲۵/۴۶۰/۰۰۰/۰۰۰**
۴	**سایر هزینه‌ها**	**۵/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰**
۵	**بیمه**	**۸/۳۴۸/۰۰۰/۰۰۰**
۶	**مالیات**	**۴/۱۷۴/۰۰۰/۰۰۰**
جمع کل هزینه های پروژه (میلیون ریال)		**۵۴/۲۶۲/۰۰۰/۰۰۰**

۴- اطلاعات مجری

۴-۱- معرفی مجری

اطلاعاتی که به صورت کلی مجری را معرفی می‌کند، بیان کنید. چرا شما فرد مناسبی برای انجام این طرح هستید؟ آیا شخصیت حقیقی/حقوقی مجری طرح است؟ اطلاعات کلی نظیر سال تاسیس، تعداد پرسنل و... را بیان کنید.

Click here to enter text.

۴-۲- سوابق مجری

۴-۲-۱- سوابق فنی-صنعتی مجری در رابطه با موضوع طرح

آیا به طور مشخص سوابق فنی و صنعتی در حوزه فناوری مورد نظر داشته اید؟ جزییات تجربیات و اقدامات انجام شده در این زمینه را تا کنون بیان نمایید.

Click here to enter text.

۴-۲-۲- سوابق علمی مجری در رابطه با موضوع طرح

سوابق علمی مجری در رابطه با موضوع طرح را به طور کامل بیان کنید. این سوابق شامل تحصیلات، دستاوردهای علمی و پژوهشی، ثبت اختراع و... می‌شود.

Click here to enter text.

۴-۳- تیم اجرایی، همکاران و مشاوران

۴-۳-۱- تیم اجرایی

هسته‌ی اصلی اجرای طرح را معرفی کرده و سوابق و نقش آنها را در اجرای طرح بیان نمایید.

Click here to enter text.

۴-۳-۲- همکاران

آیا در فرایند اجرای این طرح، از مجموعه‌هایی خارج از شرکت، به عنوان همکار استفاده می‌شود؟ نام، نقش، نوع همکاری و سابقه آنها را به طور کامل شرح دهید.

Click here to enter text.

۴-۳-۳- مشاوران

آیا در فرایند اجرای این طرح، از مجموعه‌هایی خارج از شرکت، به عنوان مشاور استفاده می‌شود؟ نام و سابقه آنها را به طور کامل شرح دهید.

با توجه به اینکه با بودجه موجود امکان اجرای تمامی مراحل پروژه در مقیاس تجاری در جهاد دانشگاهی وجود ندارد و همچنین مشکلاتی که زمینه دریافت مجوزهای بهداشتی پیش روی ما بود (به دلیل در اختیار نداشتن فضای کلین روم که اجرای آن هم نیاز به سرمایه‌گذاری بالایی دارد)، مقرر شد تا بیشتر هزینه‌های طرح در بخش تولید انبوه توده زیستی مصرف گردد و بخش تولید محصول نهایی به شرکت گلفام دارو برون سپاری گردد. با توجه به مذاکرات انجام شده با شرکت گلفام دارو که سرمایه‌گذاری مناسبی جهت نصب و راه اندازی سیستم استخراج سیال فوق بحرانی در شهرستان ارومیه انجام داده است، توده زیستی تولید شده جهت استخراج به روش سیال فوق بحرانی به این شرکت فرستاده خواهد شد. همانطور که در تصاویر زیر مشاهده می گردد این شرکت دارای فضای کلین روم مناسبی می باشد و با در اختیار داشتن دستگاه های سیال فوق بحرانی با ظرفیت ۵۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم، امکان مناسبی جهت تولید در مقیاس نیمه صنعتی فرآهم آورده است.

شکل ۱۸- دستگاه های سیال فوق بحرانی شرکت گلفام دارو در فضای کلین و بهداشتی

شکل ۱۹- بازدید ریاست جهاد دانشگاهی ارومیه از شرکت گلفام دارو

و مذاکره با آقای دکتر خدابنده مدیر عامل شرکت و استاد دانشگاه تربیت مدرس تهران

شکل ۲۰- دستگاه سیال فوق بحرانی دارای چهار مخزن استخراج هر کدام به طرفیت ۵۰ لیتر که امکان انجام طرح‌های نیمه صنعتی را فرآم می‌آورد.

Click here to enter text.

۴-۴- اطلاعات تماس

نام	علیرضا امیرصادقی
سمت	عضو هیات علمی جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی
شماره همراه	۰۹۱۲۷۹۵۸۱۲۴
شماره ثابت	۰۴۴۳۳۴۶۸۶۱۸
ایمیل	a_amirsadeghi@yahoo.com
نشانی	ارومیه، خیابان شهید بهشتی، انتهای کوچه منصور افشار، جهاد دانشگاهی

۵- پیوست شماره ۱: شرح خدمات و برنامه زمان‌بندی

ردیف	عنوان فعالیت	زیر فاز	زمان (ماه)
۱	**فاز مطالعات اولیه**		**۶ ماه**
۱-۱		مروز فاز آزمایشگاهی	
۱-۲		افزایش مقیاس تولید آزمایشگاهی	
۱-۳		آنالیز نمونه‌های تولیدی افزایش مقیاس	
۲	**فاز طراحی**		۶ ماه
۲-۱		طراحی فرآیند	
۲-۲		طراحی مکانیکال تجهیزات فرآیندی	
۲-۳		طراحی برق و ابزار دقیق	
۳	**فاز ساخت**		۶ ماه
۳-۱		انعقاد قرارداد ساخت	
۳-۲		نظارت بر ساخت و بازرسی فنی	
۳-۳		تحویل تجهیزات	
۴	**فاز راه اندازی واحد پایلوت**		۶ ماه
۴-۱		نصب و راه اندازی اولیه و تست سرد	
۴-۲		نصب و راه اندازی اولیه و تست گرم	
۴-۳		تامین مواد اولیه	
۴-۴		رفع نقایص فنی	

ردیف	عنوان فعالیت	زیر فاز	زمان (ماه)
۵	**فاز بهره‌برداری و تجاری سازی**		۶ ماه
۵-۱		راه اندازی کامل پایلوت	
۵-۲		تولید نمونه	
۵-۳		آنالیز نمونه	
۵-۴		تایید نمونه توسط آزمایشگاه مرجع	
۵-۵		بهینه‌سازی فرآیند تولید	
۵-۶		تهیه و تنظیم گزارش پایانی	
زمان کل پروژه:			**۳۰ ماه**

۶- مرور پژوهش‌های انجام شده

۶-۱- مرور پژوهش های انجام شده در ایران

در سال ۱۴۰۰، ساره نعیمی و همکاران پروفایل اسیدهای چرب جلبک Sargassum boveanum سواحل شهر بوشهر را مورد بررسی کمی و کیفی قرار داده و میزان امگا۳ و امگا۶ موجود در آنها را تعیین کردند. جلبک دریایی سارگاسوم بوینوم نوعی جلبک قهوه‌ای است که دارای استفاده‌های فراوانی از جمله در صنایع غذایی، پزشکی و آرایشی بهداشتی می‌باشد. با توجه به وجود این جلبک در سواحل بوشهر و سهولت پرورش و تکثیر آن، با پرورش آن می‌توان از فواید زیادی بهره برد. در این مطالعه، پس از جمع آوری نمونه‌های جلبک مذکور از سه منطقه شورای شهر، نفتکش و بندرگاه استان بوشهر، آماده سازی نمونه و استحصال چربی، تعیین میزان چربی تام، بررسی کمی و کیفی پارامترهای ایندکس اسیدی (AV)، ایندکس پراکسیداسیون (PV)، ضریب شکست (RI) و همچنین شناسایی پروفایل اسیدهای چرب، توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (GC-FID) انجام شد. میزان ایندکس اسیدی در روغن استخراجی در منطقه

شورای شهر، بندرگاه و نفتکش به ترتیب ۰/۷۳، ۰/۷۲، ۰/۷۲، همچنین عدد پراکسید به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۷۳، ۰/۷۵ و میزان ضریب شکست در هر سه منطقه ۱۴۱۲ و میانگین میزان روغن در سه منطقه مذکور به ترتیب معادل ۱۲, ۱۴ و ۳ درصد تعیین گردید. در این سه منطقه انواع اسید چرب های (C6), (C7), (C8), (C9), (C11), (C12), (C13), (C14), (C15), (C16), (C17), (C18: 3), (C18: 1), (C18: 0), (C19) و (C20) شناسایی شد. میانگین میزان امگا۶ به امگا۳ در مناطق شورای شهر، نفت کش و بندرگاه به ترتیب معادل ۳۰/۰, ۲۴/۰, ۱۵/۰ درصد گزارش شد. همچنین میزان درصد پروتئین استخراجی در وزن خشک معادل ۱۵ درصد گزارش شد. در سه منطقه مذکور میزان اسید چرب اشباع ۸۷–۹۱ درصد، اسید چرب غیر اشباع ۱۰–۸ درصد و بیشترین مقدار اسید چرب مربوط به آراشیدونیک اسید بود. میزان اسید چرب امگا ۳ بیشتر از اسید چرب امگا ۶ در روغن این جلبک تعیین گردید. بنابراین اهمیت تغذیه ای آن نمایان می‌شود و می‌تواند پس از ارزیابی‌های سم شناسی و ایمنی به عنوان یک مکمل غذایی مورد استفاده قرار گیرد که با توجه به آب و هوای جغرافیایی مناسب بوشهر پرورش این جلبک پیشنهاد می‌شود.

در سال ۱۴۰۰، مریم اکبری و همکاران اثرات استرس شوری بر روی مقادیر لیپیدی تام، پروفایل اسیدهای چرب، امگا۳، امگا۶ و امگا۹ در جلبک قهوه‌ای سارگاسوم بوویانوم سواحل بوشهر را مورد بررسی قرار دادند. برخی جلبک‌ها منابع غنی لیپیدها و اسیدهای چرب مفید مختلفی هستند. در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی برای ارزیابی اثر تیمارهای مختلف شوری بر روی کمیت و کیفیت این لیپیدها در جلبک‌ها انجام شده است. مطالعه حاضر به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم کلرید بر میزان لیپید تام، پروفایل اسیدهای چرب و مقادیر امگا ۳، ۶ و ۹ در جلبک سارگاسوم بوویانوم انجام شد. نمونه جلبک، از سواحل استان بوشهر جمع‌آوری و طی ۳۰ روز، در سه گروه کنترل و تیمارهای ۱ و ۲ گرم بر لیتر سدیم کلرید در یک آکواریوم نگهداری گردید. سپس استخراج لیپید آنها، با استفاده از روش بلای و دایر (۱۹۵۹) انجام گردید. فاکتورهای عدد اسیدی (AV)، عدد پراکسید (PV) و ضریب شکست (RI) لیپیدها، براساس روش‌های استاندارد ایزو انجام شدند. متیل استر نمودن نمونه‌ها براساس روش استاندارد و آنالیز اسیدهای چرب، توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی، مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله(GC-FID) ، انجام گردیدند. میزان چربی تیمار یک گرم بر لیتر نمک نسبت به گروه کنترل افزایش و سپس روند کاهشی را در تیمار دو گرم بر لیتر نشان داد؛ هر چند این اختلاف معنی دار نبود. آنالیز-GC FID، تعداد ۱۷ نوع اسید چرب را در هر یک از گروه‌ها نشان داد. در بین اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع، پالمیتیک اسید

و سرونیک اسید، به ترتیب بیشترین میزان را در هر سه گروه نشان دادند. افزایش ملایم شوری موجب تغییر در مقادیر اسیدهای چرب امگا گردید. یافته‌های این مطالعه را می‌توان برای دستیابی به مکانیسم‌ها و شرایط هدفمند تنش شوری که موجب افزایش اسیدهای چرب خاص می‌شود، گسترش داد.

در سال ۱۳۹۵، ندا آموزیان و همکاران، ترشح لیپاز و تولید دوکوزاهگزانوئیک اسید توسط سویه آئورانتیوکیتریوم رشد یافته در روغن کتان را مورد بررسی قراردادند. هدف از این تحقیق، تبدیل روغن کتان توسط سویه بومی *آئورانتیوکیتریوم* به روغن امگا۳ غنی از DHA و اسید لینولنیک بود. ابتدا، تولید آنزیم لیپاز در این سویه و فعالیت آن در محیط مایع سنجش شد. سپس تولید بیومس و روغن امگا۳ در محیط حاوی مقادیر متفاوت روغن کتان تعیین شدند. مقدار اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع، توسط کروماتوگرافی گازی تعیین شدند. سویه *آئورانتیوکیتریوم* بعد از گذشت ۴۸ ساعت در محیط اختصاصی تولید لیپاز، یک هاله رسوبی ۶ میلی‌متری ایجاد کرد. فعالیت لیپاز تولیدی در محیط حاوی ۱ درصد روغن کتان ۱۵۰ واحد در میلی‌لیتر اندازه گیری شد. پروفایل اسیدهای چرب تولید شده در محیط فاقد روغن کتان شامل C14 ، C15، C16، C17، C18، C18:1، DPA و DHA بود. با افزودن روغن کتان به محیط کشت، بیومس تا ۱۵/۷ گرم در لیتر افزایش یافت. بیشترین مقدار DHA(388 میلی‌گرم در لیتر) و روغن (۵۳/۲۵٪) در محیط حاوی ۰/۶٪ روغن کتان بدست آمد. با افزایش غلظت روغن کتان در محیط کشت، مقدار اسیدهای چرب اشباع تولید شده کاهش و اسیدهای چرب غیراشباع با یک یا چند پیوند دوگانه افزایش یافتند. پروفایل اسیدهای چرب تولید شده در محیط حاوی روغن کتان شامل C18:2 وC18:3 ، DPA و DHA بود. در نهایت روغن امگا۳ تولید شده شامل DHA ، اسید لینولنیک و اسید اولئیک بود که می‌تواند در غنی‌سازی مواد غذایی و لبنیات مورد استفاده قرار گیرد.

در سال ۱۳۹۴، لیلا علی اصغر زاده رومیانی در زمینه بهینه سازی رشد و تولید امگا۳ توسط ریز جلبک با استفاده از شیره خرما (پایان نامه کارشناسی ارشد- دانشگاه تهران) مطالعاتی انجام داد. از میان سویه‌های صنعتی ریزجلبک‌ها جهت تولید اُمگا-۳، می‌توان به ریزجلبک کریپتکودینیوم کوهنی اشاره کرد که نوعی دینوفلاژلیت بسیار سریع‌الرشد هتروتروف است و حدود ۶۰ درصد ترکیب لیپیدی آن را اُمگا-۳ تشکیل می‌دهد. ترکیب اسید چرب ریزجلبک‌ها بسیار تحت تاثیر عوامل محیطی و مواد مغذی است که باید تا حد امکان شرایط را در جهت تولید هرچه بیشتر اُمگا-۳ بهینه کرد و بهتر است از مواد ارزان قیمت در جهت اقتصادی بودن فرآیند تولید انبوه استفاده کرد. در این راستا با توجه به اینکه طبق آنالیز HPLC و طیف

سنجی جذب اتمی، شیره‌ی خرما حاوی مقادیر مناسب گلوکز و همچنین مواد معدنی به خصوص منیزیم، پتاسیم، کلسیم و آهن است، از شیره‌ی خرما به عنوان منبع کربنی در محیط کشت استفاده شد. ولی با توجه به نیاز این ریزجلبک به نصف متوسط شوری دریاها، نمک‌های دریایی نیز باید به محیط کشت افزوده شود، همچنین جهت بررسی توان تامین نیاز ریزجلبک به منبع نیتروژنی، عصاره‌ی مخمر نیز به محیط کشت شیره‌ی خرما افزوده شد. برای بهینه سازی رشد ریزجلبک کریپتکودینیوم کوهنی با استفاده از روش پاسخ سطح، تاثیر پارامترهایpH ، غلظت عصاره‌ی مخمر، شیره‌ی خرما و نمک دریایی در پنج سطح و در دمای ۲۷ °C و ۱۵۰ rpm و در تاریکی، بر روی رشد این ریزجلبک مورد بررسی قرار گرفت و با رشد آن در محیط کشت سنتتیک A2E6 و دی اسواف مقایسه شد. در نهایت مشخص شد که در غلظت شیره‌ی خرمای ۱۷(g/l) و عصاره‌ی مخمر (g/l) ۲ و نمک دریایی (g/l)۲۰ در pH خنثی، بیشترین زیست توده بدست می‌آید که حدود (g/l) ۶/۶ است که حدود سه برابر محیط کشت سنتتیک A2E6 و ۱/۴ برابر بیش از محیط کشت شاهد دی اسواف، رشد داشته است که این نشانگر این است که شیره‌ی خرما قابلیت استفاده به عنوان منبع کربنی را در صنعت دارا می‌باشد و تا حد زیادی می‌تواند منابع معدنی مورد نیاز ریزجلبک را فراهم کند. در سطح بهینه رشد ریزجلبک مقدار(mg/l) ۴۱ DHA تولید شد که مقدار قابل قبولی است.

در سال ۱۳۹۴، شیما سرکشیکیان وهمکاران، پروفایل اسیدهای چرب زئوپلانکتون *Acartia tonsa* در فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۴ در حوزه جنوبی دریای خزر (منطقه نوشهر) مورد مطالعه قرار دادند. نمونه گیری به وسیله تورهای مخصوص زئوپلانکتون، با چشمه ۱۰۰ میکرومتر به صورت افقی در زیر سطح آب انجام شد. نمونه‌های *Acartia tonsa* در آزمایشگاه جداسازی، فیلتر و تا انجام آزمایش چربی منجمد شدند. تعیین ترکیب اسیدهای چرب ژئوپلانکتون توسط دستگاه GC/mass انجام گرفت. نتایج نشان داد در فصل بهار و تابستان درصد کل اسیدهای چرب اشباع به ترتیب ۶۲ درصد و ۱۲/۳۱ درصد، اسیدهای چرب مونو غیراشباع ۲۳/۸۹ درصد و ۲۶/۱۱ درصد و اسیدهای چرب پلی غیراشباع ۱۴/۵ درصد و ۲۳/۵۱ درصد بوده است. تجزیه و تحلیل آماری اختلاف معنی دار در برخی از اسیدهای چرب مهم از قبیل میریستیک اسید، پالمیتیک اسید، اولئیک اسید، EPA (Eicosapentaenoic Acid) و DHA (Docosahexanoic Acid) را در دو فصل نشان داد. تغییرات در ترکیب اسیدهای چرب در دو فصل در آب‌های ساحلی دریای خزر(منطقه نوشهر) ناشی از تغییرات فصلی، منابع مواد غذایی موجود و در دسترس می باشد.

در سال ۱۳۹۳، ندا آموزیان و همکاران، تاثیر منابع کربن و نیتروژن بر تولید اسیدهای چرب امگا۳ در سویه جدید بومی شیزوکیتریوم DR31 را مورد بررسی قرار دادند. هدف این تحقیق، یافتن منابع مناسب کربن و نیتروژن به منظور افزایش تولید اسید چرب امگا ۳ در سویه بومی شیزووکیتریوم می‌باشد. همچنین، اثر کمی وکیفی منابع متفاوت کربن و نیتروژن بر روی رشد سویه و تولید اسید چرب امگا۳ حاوی دوکوزاهگزانوئیک اسید مورد بررسی قرار گرفت. روغن تولید شده استخراج شد و در نهایت توسط گاز کروماتوگرفی مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج نشان دادند که بهترین منابع کربن، گلیسرول و گلوکز و بهترین منبع نیتروژن، عصاره مخمر می‌باشد. گلوکز باعث افزایش تولید بیومس و گلیسرول باعث افزایش تولید روغن امگا۳ شد. تولید بیومس، اسید چرب امگا۳ و دوکوزاهگزانوئیک اسید توسط سویه شیزوکیتریوم در محیط انتخابی به ترتیب ۰/۷۶، ۰/۵ و ۰/۴۸گرم بر لیتر به دست آمد.نتایج این تحقیق نشان دادند که سویه بومی جدید شیزوکیتریوم پتانسیل تولید بیوتکنولوژی اسیدهای چرب امگا ۳ را دارد.

در سال ۱۳۹۲، هومن گرجی زاده و همکاران جهت معرفی منابع بالقوه جدید برای استخراج امگا ۳ و امگا ۶ ، پروفایل اسیدهای چرب ریزجلبک‌های Spirulina، Chlorella و همچنین Chaetoceros جدا شده از رودخانه بهمنشیر را مورد بررسی قرار دادند. به منظور جداسازی جلبک تک سلولی Chaetoceros از رودخانه بهمنشیر نمونه‌برداری با استفاده از بطری نمونه‌بردار در فصل بهار ۱۳۹۲ گرفت. همچنین ۲۵۰ میلی‌لیتر گونه خالص ریزجلبک Spirulina و Chlorella از پژوهشکده میگوی کشور واقع در شهرستان بوشهر تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. این ریز جلبک‌ها در آزمابشگاه تکثیر و پرورش و تحت شرایط محیطی مناسب به مقدار ۱۰۰ لیتر انبوه‌سازی شدند. جهت جداسازی ریز جلبک‌ها از آب با توجه به اندازه آن‌ها، از دو روش سانتریفوژ و فیلتراسیون استفاده گردید. جهت آنالیز ترکیبات اسید چرب در ریز جلبک‌ها، ابتدا اسیدهای چرب نمونه به استرهای متیله شده اسید چرب (FAMEs) تبدیل شده و سپس توسط سیستم کروماتوگرافی گازی (GC) مدل مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله (FID) مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در مورد اسیدهای چرب اشباع، اسید پالمیتیک در ریزجلبک‌های Chaetoceros، Spirulina و Chlorella به‌ترتیب با ۱۵/۲۱، ۳۰/۱ و ۲۵/۱۷ درصد از کل اسیدهای چرب بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده بود. همچنین در میان اسیدهای چرب غیر اشباع با یک بند دوگانه اسید اولئیک در Spirulina با ۳۴ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده بود. اما بیشترین اسید چرب با یک بند دوگانه در مورد ریز جلبک Chaetoceros مربوط به اسید پالمیتولئیک به میزان ۳۰/۳۳ درصد از کل

اسیدهای چرب می‌باشد. در مورد اسیدهای چرب غیراشباع با چند بند دوگانه نیز، اسید لینولئیک از اسیدهای چرب امگا ۶ در Spirulina به ماکزیمم مقدار خود یعنی ۱۸/۸ درصد و در مورد اسید الفا لینولنیک از اسیدهای چرب امگا ۳ تنها در کشت Chlorella به بیشترین مقدار یعنی ۹/۶۶ درصد رسید و اولین رتبه را از نظر حضور اسیدهای چرب امگا ۳ به خود اختصاص داد. ریزجلبک Spirulina نیز دارای بیشترین درصد اسید چرب امگا ۶ (اسید لینولئیک) به میزان ۱۸/۸ گرم درصد می‌باشد. تجزیه و تحلیل یافته‌ها نشان داد که تنوع و پروفایل اسیدهای چرب در گونه‌های مختلف فیتوپلانکتون از جمله ریز جلبک‌ها بسیار می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که کشت ریزجلبک Chlorella به عنوان گزینه مناسب و غنی از امگا ۳ می‌تواند مطرح باشد و تکثیرو پرورش آن به شکل انبوه برای تهیه منبع غنی از امگا ۳ پیشنهاد می‌گردد. نهایتاً برای داشتن محصول خاص که وابسته به هدف ویژه‌ای باشد، مثلاً هدف استخراج امگا۳ و یا استخراج اسید اولئیک باشد، انتخاب گونه‌ی مناسب برای خالص سازی و کشت بسیار مهم است.

در سال ۱۳۹۲، فرزانه فکرت و همکاران تولید روغن امگا۳ غنی از دوکوزاهگزانوئیک اسید توسط سویه بومی آئورانتیوکیتریوم TA4 را مورد بررسی قرار دادند. دوکوزاهگزانوئیک اسید جزو مهم‌ترین اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه است که از طریق مصرف روغن ماهی تامین می‌شود. در نتیجه به علت احتمال وجود آلودگی‌های فلزات سنگین در روغن ماهی، نیاز به منابع جایگزین جدید مثل روغن‌های تک سلولی وجود دارد. در این پژوهش از جنگل‌های مانگرو در خلیج فارس و دریای عمان نمونه‌برداری شد. سویه‌های پروتیست دریازی در محیط اختصاصی جداسازی شد. غربال‌گری سویه‌های تولید کننده روغن توسط میکروسکوپ فلورسانت انجام شد. سویه منتخب از طریق تعیین توالی ژن 18 S rRNA شناسایی و پروفایل اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه توسط کروماتوگرافی گازی تعیین شد. بیش از ۲۰ سویه پروتیست دریازی جداسازی شد. گرانول‌های تری آسیل گلیسرول در سویه TA4 با رنگ فلورسانت نارنجی شناسایی شد. سلول‌های دوتایی، چهارتایی و هشت‌تایی و زئوسپورها در سیکل سلولی مشاهده شد. توالی ژن 18 S rRNA این سویه بیش از ۹۷ درصد با سویه آئورانتیوکیتریوم مشابهت داشت. محتویات روغن در این سویه ۴۶ درصد وزن خشک سلولی است. اسیدهای چرب دوکوزاهگزانوئیک اسید، دوکوزاپنتانوئیک اسید و ایکوزاپنتانوئیک اسید به مقدار ۱۰۵، ۴۶ و ۲۶ میلی‌گرم در لیتر تولید شد. محتویات آن‌ها به ترتیب برابر با ۱۶، ۷ و ۴ درصد از کل اسیدهای چرب است. سویه‌های ترائوستوکیتریدها به علت داشتن توانایی منحصر به فرد در تولید اسیدهای چرب غیراشباع و دوکوزاهگزانوئیک اسید

می‌توانند جایگزین مناسبی برای این ترکیبات با ارزش باشند. با توجه به پتانسیل سویه‌های بومی ترائوستوکیتریدها در تولید دوکوزاهگزانوئیک اسید، این سویه‌ها می‌توانند برای تولید روغن‌های امگا۳ استفاده شوند.

در سال ۱۳۹۲، گیلان عطاران فریمان و همکاران، چربی کل و پروفیل اسید چرب جلبک قهوه‌ای N. zanardini را در دو فصل سرد و گرم مورد سنجش قرار دادند. محتوای چربی کل در بهمن ماه با ۰/۸±۴۱/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک، بالاترین مقدار بود. در بررسی حاضر ترکیبات اسید چرب چربی کل نشان داد که پالمتیک اسید (C16:0) در هر دو فصل عمده‌ترین اسید چرب، با ۱/۵۱±۴۱/۰۸ درصد در تیر ماه و ۰/۲۳±۴۰/۰۲ درصد در بهمن ماه به شمار می‌رود. اسیدهای چرب اشباع شده کل (SFA) در دو فصل تغییرات چندانی را نشان نداد در حالی که اسیدهای چرب اشباع نشده با یک پیوند دوگانه کل (MUFA) در تیر ماه مقدار کمتری را نشان داد و اسیدهای چرب اشباع نشده با چند پیوند دوگانه کل (PUFA) در بهمن ماه افزایش پیدا کرد. نسبت بین امگا ۶ به امگا ۳ در دو فصل سرد و گرم به ترتیب ۱/۱۴:۱ و ۱/۵۰:۱ بود. به طورکلی جلبک N. zanardiniجمع‌آوری‌شده در بهمن ماه دارای چربی کل و همچنین اسیدهای چرب اشباع نشده با چند پیوند دوگانه بالاتری نسبت به تیر ماه بود اما تغییرات نسبت به گونه‌های مناطق معتدله چندان ملموس نیست.

۶-۲- مرور پژوهش های انجام شده در جهان

تعداد زیادی از گونه های جلبکی اسیدهای چرب امگا ۳ تولید می‌کنند. با این حال، مقدار آنها با توجه به تولید EPA و DHA متغیر است. برخی از جلبک‌ها و میکروارگانیسم های شبیه جلبک که برای تولید EPA و DHA استفاده می شوند از خانواده های Thraustochytriaceae و Crypthecodiniaceae هستند. جنس‌های Thraustochytrium، Schizochytrium و Ulkenia از خانواده Thraustochytriaceae و Cryptocodinium از خانواده Crypthecodiniaceae منبع غنی DHA هستند (Borowitzka، 2013؛ Klok و همکاران، ۲۰۱۴). گونه Schizochytrium sp مقادیر DHA بالاتری را در مقایسه با مقادیر کمتر EPA تولید می‌کند (Doughman et al., 2007). چن و همکاران، ۲۰۰۷ یک پروتیست دریایی به نام Schizochytrium mangrovei را جدا کردند که می تواند بازده بسیار بالایی از DHA تولید کند. Sijtsma و de Swaaf (۲۰۰۴) استفاده فعلی از Schizochytrium sp را در فرآوری مواد غذایی و محصولات آنها گزارش کردند. در مطالعه دیگری، thraustochytrid Thraustochytrium sp. سطوح بالاتری از سنتز DHA را نشان داد که تا ۳۵٪ کل اسیدهای چرب را افزایش می‌دهد. مطالعات بیشتر توسط Kyle (۲۰۰۱)، Cryptocodinium cohnii یکی دیگر از ریزجلبک‌های

سنتز کننده DHA با بازدهی بالا را تجزیه و تحلیل کرد و چنین روغن‌هایی نیز در محصولات تجاری استفاده می‌شوند. علاوه بر این، ریزجلبک‌هایی مانند P. tricornutum، Nannochloropsis، Nitzchia و Monodus منابع خوبی از اسید ایکوزاپنتانوئیک (EPA) هستند. (Wen and Chen, 2003; Ji et al., 2015; Chua and Schenk, 2017; Steinru¨cken et al., 2017; Chen et al., 2018). در جدول زیر فهرستی از ریزجلبک‌های مورد استفاده جهت تولید امگا ۳ توسط پژوهشگران مختلف، فهرست شده است.

Source of omega-3 fatty acids	References
Microalgae	
Thraustochytrium (EPA, DHA)	Scott et al. (2011)
Nannochloropsis (EPA, DHA)	Hu and Gao (2003), Patil et al. (2007), Pal et al. (2011), and Van Wagenen et al. (2012)
Pinguiococcus pyrenoidosus (EPA, DHA)	Sang et al. (2012)
Chlorella minutissima (EPA)	Yongmanitchai and Ward (1991) and Khozin-Goldberg et al. (2002)
Pavlova spp (EPA, DHA)	Hu et al. (2008), Carvalho et al., 2016, Guihéneuf et al. (2009)
Schizochytrium (DHA)	
Ulkenia (DHA)	Doughman et al. (2007), Chen et al. (2007), Borowitzka (2013), and Klok et al. (2014)
Cryptocodinium cohnii (DHA)	Kyle (2001)
Phaeodactylum tricornutum (EPA)	Wen and Chen (2003), Ji et al. (2015)
Nannochloropsis (EPA)	
Nitzchia (EPA)	
Monodus (EPA)	
Isochrysis galbana (EPA and DHA)	Guihéneuf et al. (2009)
Pavloba lutheria (EPA and DHA)	
Phaeodactylum tricornutum (EPA and DHA)	Hamilton et al. (2016)

عدم تعادل مواد مغذی در محیط کشت منجر به تجمع لیپیدها در میکروب های روغنی می شود (چن و همکاران، ۲۰۱۶؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۸). کاهش نیتروژن همراه با مقدار زیادی از منابع کربن در محیط باعث تجمع لیپیدها در این موجودات می شود. تجمع چربی در این ارگانیسم ها در مراحل اولیه منحنی رشد (۰ تا ۲۴ ساعت) آهسته است و تولید قابل توجهی پس

از ۲۴ ساعت تلقیح تا اواخر مرحله ساکن (۹۶ ساعت) صورت می گیرد. پس از این مرحله سلول وارد مرحله مرگ می شود. منابع کربن مانند پنتوزها، هگزوزها، ساکاریدها، الکل قند و گلیکوزیدها، الکل ها و اسیدهای آلی مهم ترین ماده مغذی برای رشد یک میکروارگانیسم هستند. مولکول‌های قند مانند گلوکز، فروکتوز، گلیسرول و غیره رایج‌ترین منابع کربن هستند. قندها از طریق تبدیل در چرخه اسید پیرورویک به اسیدهای چرب تبدیل می‌شوند که در ادامه از طریق چرخه اسید سیتریک به استیل CoA تبدیل می شود. استیل CoA به عنوان یک مولکول سازنده برای تولید لیپید عمل می کند.

بیشتر مطالعات، غلظت سوبسترای کربن در محیط کشت را در محدوده ۵ تا ۷۰ گرم در لیتر با تحمل تا ۱۵۰ گرم در لیتر گزارش می‌کنند. باجپای و همکاران (۱۹۹۱) اثر منبع کربنی مانند فروکتوز، ساکارز، لاکتوز، نشاسته، گلوکز، مالتوز و روغن بذر کتان را بر تولید DHA توسط Thraustochytrium aureum بررسی کردند و حداکثر بازده DHA را ۵۱۱ میلی گرم در لیتر در کشت های در معرض نور حاوی ۲/۵٪ نشاسته یافتند.

سینگ و همکاران (۱۹۹۶) اثر منبع کربن را بر تولید DHA توسط Thrausfochytrium sp در کشت های شیک فلاسک که در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۵ روز انکوبه شده بودند، بررسی کردند. گلوکز، نشاسته، و روغن دانه لاین منجر به بازده زیست توده و چربی مشابهی شدند. حداکثر DHA در یک محیط حاوی گلوکز تولید شد. مالتوز و ساکارز منجر به رشد ضعیف و عملکرد DHA شدند.

ناگانو و همکاران (۲۰۰۹) اثر منابع کربن مانند D–گلوکز، D–فروکتوز، D–مانوز، D–گالاکتوز، D–گزیلوز، D ریبوز، L–آرابینوز، لاکتوز، ساکارز، مالتوز، نشاسته محلول و گلیسرول را در غلظت نهایی ۳ درصد روی رشد A. limacinum مطالعه کردند. D–گلوکز، D– فروکتوز، ساکارز، گلیسرول، گالاکتوز و D–مانوز از رشد سلولی حمایت کردند در حالی که D–گزیلوز، D–ریبوز، L–آرابینوز، لاکتوز، مالتوز و نشاسته محلول رشد کمی از سلول ها را نشان دادند.

لی و همکاران (۲۰۱۵) تولید اسید دوکوزاهگزانوئیک توسط Aurantiochytrium limacinum SR21 را با استفاده از گلوکز و گلیسرول به عنوان منابع کربن مخلوط در هر دو کشت فلاسک و فید–بچ مورد مطالعه قرار دادند. بازدهی DHA در شرایط بستر مخلوط در مقایسه با گلوکز به عنوان تنها منبع کربن در کشت ناپیوسته تغذیه شده با حفظ هوای ثابت، ۱۵/۲۴ درصد بیشتر بود.

آباد و تورون (۲۰۱۵)، گلوکز، گلیسرول خالص و گلیسرول خام (۸۳ درصد) را بر روی رشد A. limacinum با غلظت ۱۰ گرم در لیتر مقایسه کردند و نرخ رشد خالص، زیست توده و بهره وری DHA را گزارش کردند. نذیر و همکاران (۲۰۱۸) بهینه سازی رشد، تولید لیپید و DHA Aurantiochytrium SW1 را با استفاده از روش سطح پاسخ مورد مطالعه قرار داد. آنها شرایط بهینه را ۷۰ گرم در لیتر فروکتوز، سرعت هم زدن ۲۵۰ دور در دقیقه و مونوسدیم گلوتامات ۱۰ گرم در لیتر گزارش کردند.

مطالعه دیگری توسط یوکوچی و همکاران (۱۹۹۸) شرایط کشت Schizochytrium limacinum را به منظور تولید اسید دوکوزاهگزانوئیک میکروبی (DHA) بررسی کرد. گلوکز، فروکتوز، ساکاروز، لاکتوز، مالتوز، نشاسته، گلیسرول، اسید اولئیک یا روغن بذر کتان به عنوان منبع کربن مورد استفاده قرار گرفت. گلوکز، فروکتوز، گلیسرول، اسید اولئیک و روغن بذر کتان برای وزن خشک سلولی بالا و اسیدهای چرب کل مناسب بودند در حالی که دی ساکاریدها و پلی ساکاریدها برای رشد سلولی موثر نبودند. همچنین گلوکز، فروکتوز و گلیسرول به عنوان منابع کربن به ترتیب ۳۲/۵، ۳۰/۹ درصد و ۴۳/۱ درصد DHA در اسیدهای چرب به دست آمدند.

زو و همکاران (۲۰۰۸) رشد S. limacinum را با منابع کربنی مانند گلوکز، فروکتوز، پودر سیب زمینی، نشاسته و گلیسرول به منظور شناسایی منابع کربن مناسب در غلظت ۳۰ گرم در لیتر مورد مطالعه قرار دادند. پودر سیب زمینی به عنوان منبع کربن بالاترین زیست توده سلولی را به همراه داشت در حالی که استفاده از گلوکز به عنوان منبع کربن حداکثر تولید DHA را گزارش کرد.

شاهین و همکاران (۲۰۱۸) جهت رشد Schizochytrium sp از گلوکز، فروکتوز، گلیسرول و اتانول به عنوان منابع کربن استفاده کردند و گزارش دادند که گلیسرول حتی با تولید زیست توده کمتر ، بالاترین بازدهی را دارد در حالی که افزودن اتانول باعث افزایش تولید DHA می شود اما عملکرد به دلیل کاهش تولید زیست توده کاهش می‌یابد.

گونگ و همکاران (۲۰۱۵) تولید اسید دوکوزاهگزانوئیک توسط Crypthecodinium cohnii را با استفاده از محصولات جانبی ارزان قیمت مانند هیدرولیز کنجاله کلزا و ضایعات ملاس به عنوان منبع کربن در تخمیرهای ناپیوسته خوراک دهی شده مورد مطالعه قرار دادند. آنها بازده DHA را تا ۸/۷۲ میلی گرم در لیتر در محیطی متشکل از RMH رقیق شده (۷ ٪) و ۱ تا ۹ ٪ ملاس پسماند به دست آوردند.

هو و همکاران (۲۰۱۰) تولید ۱،۳- دی هیدروکسی استون (DHA) توسط گلوکونوباکتر اکسیدان در فلاسک های لرزان و بیوراکتورهای ستون حباب دار بهینه‌سازی کردند. نرخ تبدیل ۸۸/۷ گلیسرول به DHA و ۲/۳۸ گرم در لیتر در ساعت بهره وری در استراتژی تغذیه گلیسرول پالس به دست آمد.

نیتروژن در مرحله اولیه تخمیر که در آن رشد و نمو سلول اتفاق می افتد و اسید آمینه و پروتئین سنتز می‌شود مورد نیاز است. هنگامی که نیتروژن در محیط تخمیر کاهش می یابد، ارگانیسم هایی مانند جلبک شروع به تولید اسیدهای چرب از منبع کربن می کنند.

باجپای و همکاران (۱۹۹۱) اثر منابع نیتروژن مانند تریپتون، پپتون، عصاره مالت، عصاره مخمر و سدیم گلوتامات را بر تولید DHA توسط T. aureum بررسی کردند. در میان این منابع نیتروژنی، بالاترین مقادیر DHA با استفاده از محیط کشت سدیم گلوتامات (۲۶۹ میلی گرم در لیتر) و به دنبال آن عصاره مخمر (۲۴۷/۷ میلی گرم در لیتر) تولید شد.

سینگ و همکاران (۱۹۹۵) اثر منابع نیتروژن مانند عصاره مالت، تریپتون، پپتون، کازامینو اسیدها و گلوتامات سدیم را بر تولید DHA توسط Thraustochyfrium sp مورد مطالعه قرار دادند. گلوتامات سدیم (۴۸۲ میلی گرم در لیتر) و پپتون (۴۱۹ میلی گرم در لیتر) کارآمدترین منابع نیتروژن بودند.

یوکوچی و همکاران (۱۹۹۸) اثر منابع نیتروژن معدنی (اوره، نیترات سدیم، نیترات آمونیوم، استات آمونیوم، سولفات آمونیوم) و منابع نیتروژن آلی (مشروبات تند ذرت، عصاره مخمر، تریپتون، پلی پپتون) را بر رشد سلولی limacinum SR21 و بازده DHA مورد مطالعه قرار دادند. بالاترین DHA با استفاده از لیکور ذرت به عنوان منبع نیتروژن و به دنبال آن استات آمونیوم و عصاره مخمر تولید شد.

وانگ و همکاران (۲۰۱۸) منابع نیتروژن مانند گلوتامات سدیم، تریپتون، پپتون، عصاره مخمر، عصاره پپتون-مخمر، سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و نیترات سدیم را برای تولید بهبود یافته دوکوزاهگزانوئیک اسید در تخمیر ناپیوسته توسط Schizochytrium sp و Thraustochytriidae sp بررسی کردند. عصاره مخمر بهترین منبع نیتروژن برای Schizochytrium sp بود. در حالی که برای Thraustochytriidae عصاره مخمر و عصاره پپتون مخمر عملکرد مشابهی برای تولید DHA دارد.

شاهین و همکاران (۲۰۱۸) محیط پروتئاز پپتون را برای تولید اسید دوکوزاهگزانوئیک از طریق گونه‌های Schizochytrium پیشنهاد کرد. رن و همکاران (۲۰۱۴) تنظیم تولید اسید دوکوزاهگزانوئیک در Schizochytrium sp با افزودن مونوسدیم

گلوتامات و سولفات آمونیوم را مطالعه کردند. آنها دریافتند که مونو سدیم گلوتامات سرعت مصرف گلوکز را تسریع می کند اما تجمع لیپید را کاهش می دهد در حالی که سولفات آمونیوم محتوای DHA را افزایش می دهد اما دوره های تخمیر را افزایش می دهد.

یانگ و همکاران (۲۰۱۱) اثرات pH و هوادهی را بر تولید اسید دوکوزاهگزانوئیک توسط T. aureum در کشت های تخمیرگر دسته ای کنترل شده در محیط گلوکز و مالتوز مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که pH 5.5 مناسب ترین برای تولید DHA است.

جیانگ و چن (۲۰۰۰) اثرات غلظت متوسط گلوکز و pH را بر محتوای اسید دوکوزاهگزانوئیک کریپتکودینیم کوهنی هتروتروف مطالعه کردند. بالاترین نسبت DHA کل اسیدهای چرب ۵۶/۸ درصد در pH ۷/۲ مشاهده شد. زو و همکاران (۲۰۰۸) pH اولیه ۷ را به عنوان رشد مطلوب و تولید اسید دوکوزاهگزانوئیک از S. limacinum OUC88 گزارش کرد.

وانگ و همکاران (۲۰۱۸) دو سویه مختلف تراستوکیترید Schizochytrium sp و Thraustochytriidae sp را مورد مطالعه قرار دادند و برای به دست آوردن حداکثر بازده DHA دمای بهینه ۲۸ درجه سانتیگراد برای دو سویه پیشنهاد نمودند. آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که دمای پایین به نفع تولید DHA بالاتر اما زیست توده سلولی کمتر است. گائو و همکاران (۲۰۱۳) محدوده دمایی بهینه را بین ۲۰ تا ۲۸ درجه سانتیگراد برای تولید DHA در Aurantiochytrium sp گزارش نمودند.

پلتوما و همکاران (۲۰۱۸) کریپتوفیت های دریایی را به عنوان منابع عالی اسیدهای چرب امگا ۳ مورد مطالعه قرار دادند. برای استخراج لیپید، مواد تشکیل دهنده با سانتریفیوژ در نزدیکی آخرین بخش مرحله رشد نمایی جمع آوری شدند. توده به دست آمده در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد تا زمان خشک شدن انجمادی قرار داده شدند. نمونه‌های زیست توده همگن شده با استفاده از کلروفرم/متانول (۲: ۱ v/v) استخراج و برای به حداکثر رساندن استخراج، تحت فراصوت قرار گرفتند، پس از آن نمونه‌ها گرداب شدند و سانتریفیوژ شدند. تولوئن و اسید سولفوریک در متانول برای ترانس استریفیکاسیون متیل استرهای اسید چرب (FAME) استفاده شد. FAME ها با یک کروماتوگرافی گازی مجهز به آشکارساز جرم (GCeMS)، با استفاده از هلیوم به عنوان گاز حامل مورد مطالعه قرار گرفتند.

اویااسری و همکاران (۲۰۱۷) جداسازی اسید چرب غیراشباع چندگانه از جلبک دریایی Tetraselmis را مطالعه کردند. ریزجلبک ها در محیط های بهینه با استفاده از آب دریا در انکوباتور نوری رشد کردند. جلبک با استفاده از خشک کن

انجمادی لیوفیلیز می‌شود و سپس با دستگاه اولتراسونیک قسمت‌هایی از دیواره سلولی یا سلول کامل برای آزادسازی مولکول های بیولوژیکی تخریب می‌گردد. سپس محتوای EPA جلبک انتخابی با آنالیز متیل استرهای اسید چرب (FAMEs) با استفاده از کروماتوگرافی گازی با تزریق سرد بر روی ستون و تشخیص یونیزاسیون شعله انجام شد.

ابیرامی و همکاران (۲۰۱۶) استخراج اسیدهای چرب امگا ۳ از Nannochloropsis gaditana را مورد مطالعه قرار دادند. آنها نشان دادند که این جلبک به اندازه کافی غنی از امگا ۳ LC-PUFA است تا به عنوان یک جایگزین بالقوه برای روغن ماهی عمل کند.

رایکبوش و همکاران (۲۰۱۳) همچنین نشان داد که ترکیبی از کلروفرم و متانول بالاترین راندمان استخراج را دارد. پیش تصفیه زیست توده جلبکی به عنوان یک گام حیاتی برای تسهیل روش احیای چربی آسان تر و سریعتر برای استخراج اسیدهای چرب انجام شد. این روش‌ها اثرات مفیدی بر تخریب سلولی ریزجلبک‌های دریایی که تحت هیدرولیز اسیدی قرار گرفتند، داشتند. سوسپانسیون به آنزیم سلولاز اضافه شد، مخلوط تکان داده شد و پس از فراصوت اتوکلاو شد. استخراج لیپید با روش مشابه با روش Folch (1957) یعنی دی کلرومتان/متانول در ۲:۱ (v/v) با هیدروکسی تولوئن بوتیله و NaCl انجام شد. فاز آلی حاوی لیپیدها خشک شد و در معرض صابون سازی قرار گرفت. علاوه بر این، سوسپانسیون تحت متیلاسیون قرار گرفت و متیل استرهای اسید چرب پس از آن جمع آوری شدند.

عنوان طرح: تولید پایدار و زیست سازگار روغن امگا ۳ با استفاده از فتوبیوراکتور