وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

عنوان :

استخراج و کپسوله کردن اسید های چرب امگا ۳ از کپور فیتوفاگ

مجری :
عباسعلی مطلبی

شماره ثبت
٤١٢٩٢

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

عنوان پروژه : استخراج و کپسوله کردن اسید های چرب امگا۳ از کپور فیتوفاگ
شماره مصوب : ۹۰۰۳۰-۱۲-۱۲-٤
نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : عباسعلی مطلبی
نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد) :-
نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : عباسعلی مطلبی
نام و نام خانوادگی همکاران : هدیه علوی،رضاپورغلام،مهدی ارجمند
نام و نام خانوادگی مشاوران : -
نام و نام خانوادگی ناظر : رضا صفری
محل اجرا : استان تهران
تاریخ شروع : ۹۰/۷/۱
مدت اجرا : ۳ سال
ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور
شمارگان (تیتراژ) : ۲۰ نسخه
تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۲
حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .

«سوابق طرح یا پروژه و مجری»

پروژه : استخراج و کپسوله کردن اسید های چرب امگا۳ از کپور فیتوفاگ

کد مصوب : ۹۰۰۳۰-۱۲-۱۲-۴

شماره ثبت (فروست) : ۴۱۲۹۲ تاریخ : ۹۱/۵/۲۵

با مسئولیت اجرایی جناب آقای عباسعلی مطلبی دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته بهداشت مواد غذایی می‌باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش زیست فنآوری و فرآوری آبزیـان در تاریخ ۹۱/۵/۷ مورد ارزیابی و با نمره ۱۹/۷و رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در :

ستاد ■ پژوهشکده □ مرکز □ ایستگاه □

با سمت رئیس موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور مشغول بوده است.

به نام خدا

عنوان	«فهرست مندرجات »	صفحه

چکیده ۱
۱- کلیات ۳
۱-۱مقدمه ۳
۱-۲- اهداف تحقیق ۴
۱-۳- چربیها ۶
۱-۴- تاریخچه ۹
۱-۵- تعریف امگا-۳. ..... ۱۰
۱-۶- اهمیت نیاز به مصرف ماهی ۱۱
۱-۷- مهمترین اثرات تغذیه ای روغن ماهی بر اندام های بدن ۱۳
۱-۸- فواید و مزایای مصرف امگا-۳ . ..... ۱۴
۱-۹- منابع غذایی امگا-۳. ..... ۱۹
۱-۱۰- میکروکپسولاسیون ۲۰
۱-۱۱- اهداف میکروکپسولاسیون ۲۴
۱-۱۲- فواید میکروکپسوله کردن ۲۴
۱-۱۳- مکانیسم کنترل آزادسازی ۲۵
۱-۱۴- کاربرد میکروکپسولاسیون در صنایع مختلف ۲۵
۱-۱۵- روشهای فرآیند میکروکپسولاسیون. ۲۹
۱-۱۶- روش تکنولوژی کوآسرواسیون ۲۹
۱-۱۷- محدودیت های مهم میکروانکپسولاسیون ۳۵
۲- مواد و روشها ۵۳
۲-۱- مکانیسیم واکنش ۵۳
۲-۲- مواد موردنیاز ۵۳
۲-۳- دستگاههای مورد نیاز ۵۴
۲-۴- روش استخراج روغن ماهی ۵۵
۲-۵- متیلاسیون. ۵۸
۲-۶- مرحله بازیافت حلال ۵۸
۲-۷- گاز کروماتوگرافی ۵۸
۲-۸- اصول دستگاه گازکروماتوگرافی ۵۹
۲-۹- محاسبه سطح زیر منحنی ۶۰

عنوان	« فهرست مندرجات »	صفحه

۲-۱۰- مرحله آنالیز اسیدهای چرب توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی ۶۱
۲-۱۱- روش جداسازی و خالص سازی امگا-۳ از روغن ماهی به روش کمپلکس اوره ۶۲
۲-۱۲- مرحله کروماتوگرافی گازی ۶۳
۲-۱۳- صمغ ها ۶۶
۲-۱۴- پروتئین ها ۶۶
۲-۱۵- آب مقطر ۶۶
۲-۱۶- روش آزمایش ۶۶
۳- نتایج ۶۹
۴- بحث و نتیجه گیری ۸۹
پیشنهادها ۹۶
منابع ۹۷
پیوست ۱۰۱
چکیده انگلیسی ۱۱۵

چکیده

در ایران پرورش ماهیان گرمابی به صورت کشت توأم کپور معمولی به همراه کپور ماهیان چینی ، شامل کپور علفخوار ، کپور فیتوفاگ(کپور نقره ای) و کپور سرگنده انجام می گیرد . کپور ماهیان به واسطه برخورداری از ویژگیهایی همچون رشد سریع ، سهولت پرورش ، در دسترس بودن آن در تمام فصول سال و نیز قیمت ارزان مورد توجه فراوان قرار گرفته اند . در این بررسی میزان اسیدهای چرب تشکیل دهنده روغن ماهی فیتوفاگ به روش کمپلکس اوره در درجه حرارت های ۱، ۵+ و ۵- درجه سانتی گراد با تشکیل کریستال ، خالص سازی شده و مورد ارزیابی قرار گرفت. حداکثر میزان استخراج این اسیدهای چرب در شرایط ۱ درجه سانتی گراد بدست آمد. براساس نتایج این تحقیق میزان اسیدهای چرب امگا -۳ افزایش ولی اسیدهای چرب اشباع و منو اشباع زنجیره بلند کاهش یافت. حداکثر خلوص این اسیدهای چرب در ۱+ درجه سانتیگراد به ۶۷/۸ ٪ وزنی، در ۵+ درجه سانتیگراد به ۳۶/۸۲ ٪ وزنی و در ۵- درجه سانتیگراد به ۲۲/۵۳ ٪ وزنی رسید. با توجه به فراوانی تولید کپور نقره ای و نقش بالای این ماهی در آبزی پروری ایران در این مطالعه ترکیبات مغذی بافت این ماهی نیز از نظر مقادیر پروتئین ، چربی ، رطوبت و خاکستر مورد بررسی قرار گرفت .

همچنین میکروکپسولاسیون اسیدهای چرب امگا-۳ به دست آمده ، به روش کوآسرواسیون ترکیبی انجام گرفت . اثر پارامترهای متفاوتی از جمله ، نوع عامل اتصال دهنده ، اثر دورهای متفاوت همزن ، اثر قدرت یونی با استفاده غلظتهای متفاوت نمک ، استفاده از پلی وینیل الکل و گلوتارآلدئید به صورت جداگانه و توأم و اثر دستگاه هموژنایزر در دورهای فوق العاده بالا مورد بررسی قرار گرفته است . . طبق نتایج آزمایش اندازه میکروکپسولها در دورهای ۱۰۰ rpm، ۳۰۰ rpm، ۵۰۰ rpm، ۷۵۰ rpm و ۱۰۰۰ rpm به ترتیب برابر با ۵۳۷/۲ µm ، ۸۴/۴ µm ، ۱۲/۹۸ µm ، ۸/۲۴ µm و ۰/۷ ± ۴ µm بود .همچنین با اضافه کردن نمک در غلظت های متفاوت کنترل اندازه نهایی انجام شد و نتایج نشان داد که بهترین غلظت نمک،۰/۱ مولار می باشد.در این غلظت اندازه میکروکپسول ها به ۳/۳ µm رسید که در دور ۷۵۰۰۰ rpm هموژنایزر همچنان پایدار باقی ماند .

شرایط بهتر برای تهیه میکروکپسول های کروی به دست آمده در دور همزن ۱۰۰۰ rpm ، استفاده از گلوتارآلدئید به عنوان عامل اتصال دهنده به جای فرمالدئید ، استفاده توأم از گلوتارآلدئید و پلی وینیل الکل و

غلظت ۰/۱ مولار نمک می باشد .نتایج نشان می دهد که میکروکپسول های به دست آمده با چنین شرایطی در دورهای rpm ۱۵۰۰۰ ، rpm ۳۰۰۰۰ ، rpm ۴۵۰۰۰ ، rpm ۶۰۰۰۰ و rpm ۷۵۰۰۰ هموژنایزر نیز از بین نرفته و پایدار باقی می مانند .

واژه های کلیدی: امگا-۳ ، کمپلکس اوره ، روغن کپور فیتوفاگ ، کوآسرواسیون ترکیبی ، میکروکپسول ها

۱- کلیات

۱-۱- مقدمه

با توجه به نیاز مصرفی اسیدهای چرب امگا-۳ در زمینه های غذایی و دارویی و از سویی با توجه به وجود دو دریای بزرگ در شمال و جنوب کشور و ماهیان و آبزیان موجود در آن که می توانند منبع مهمی از امگا-۳ باشند و نیز با علم به اینکه مقادیر زیادی از امعاء و احشاء این ماهیان و آبزیان بصورت باقی مانده های بی استفاده باعث آلودگی محیط زیست می شود و نیز به علت طعم و مزه ناخوشایند گوشت آن،ممکن است مورد پسند بعضی ذائقه های مختلف قرار نگیرد ، لذا بر آن شدیم که با ارائه یک تحقیق کاربردی بتوانیم یک ماده با ارزش و مورد نیاز در صنایع غذایی و دارویی تولید کنیم .

مصرف ماهی در رژیم غذایی افراد به ندرت دیده می شود و از سوی دیگر با مؤثر بودن این مواد در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماریها خصوصاً در افراد مستعد به بیماریهای قلبی عروقی ضرورت توجه بیشتر به مصرف امگا-۳ را دوچندان می کند .

آبزیان و بخصوص ماهیان ، غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع زنجیره بلند هستند همچنین گزارش شده است که میزان چربی در انواع ماهیان از ۱۰-۱ درصد متغیر است که در نسوج و خصوصاً در کبد ماهی ذخیره می شود (۱۰) .این اسیدهای چرب امگا-۳ از جمله اسیدهای چرب ضروری می باشند که در بدن انسان ساخته نمی شوند و تنها از طریق غذا تأمین می شوند بنابراین مصرف امگا-۳ می تواند بعنوان بهترین منبع تأمین کننده اسیدهای چرب غیر اشباع در برنامه غذایی انسان مدنظر قرار گیرد تا کمبود این ماده در بدن جبران شود . مصرف اسید چرب امگا-۳ با هدف تأمین بخشی از نیازهای اساسی انسان و نیز پیشگیری از بیماریهای ناشی از کمبود این مواد در انسان مورد توجه قرار می گیرد که می تواند بصورت قرصهای حاوی روغن ماهی و یا افزایش روغن ماهی بعنوان منبع سرشار از امگا-۳ به مواد غذایی از جمله شیر به منظور غنی سازی این ماده غذایی مورد مصرف قرار گیرد .امروزه میکروکپسولها و نانوکپسولهایی ساخته شده اند که شامل روغن ماهی بوده و برای غنی سازی در برخی محصولات غذایی به کار می روند ، این ذرات فقط در معده باز و شکسته می شوند که به این ترتیب از مزه ناخوشایند روغن ماهی در مورد اشخاصی که به خاطر بوی خاص آن تمایلی به

مصرف آن ندارند ، جلوگیری می شود . بطور کلی ۳۰ تا ۳۵ درصد از کل صید جهانی برای تولید آرد و روغن ماهی مصرف می شود و ۲ درصد از تولید کل روغن در جهان را روغن ماهی بخود اختصاص داده است. روغن ماهی تا سالهای ۱۹۵۰ بیشتر کاربرد صنعتی داشت ولی امروزه علاوه بر کاربرد یاد شده بخاطر دارا بودن اسیدهای چرب غیر اشباع امگا – ۳ ، برای مصارف داروئی نیز استفاده می شود. طی سالهای ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ تولید سالانه روغن در جهان در حدود ۱/۳ میلیون تن بودکه اروپا و کشورهای اسکاندیناوی ۵۰ درصد آنرا مصرف می کردند. ۲۶ تا۳۰درصد آن مستقیماً به مصارف خوراکی و غذایی،۹ هزار تن برای مصارف داروئی و در حدود ۸ هزار تن در سال برای تولید اسید چرب امگا -۳ مورد استفاده قرار می گیرد(۱۲).

کپسولهای امگا-۳ که در داروخانه های هند به فروش می رسد دارای خلوص ۳۰ درصد می باشد . اخیراً شرکتی در هند تحت عنوان Arjuna Natural Extracts در مقیاس آزمایشگاهی از ماهی ساردین ، امگا-۳ با خلوص ۷۰-۵۰ درصد تهیه کرده است و به صورتهای مختلف عرضه می کند .

شرکت Giellepi Chemicals در ایتالیا امگا-۳ با خلوص ۷۰ درصد تهیه کرده است . آزمایشگاه Davici در آمریکا کپسول امگا-۳ با خلوص ۳۶ درصد تهیه کرده است و به صورت کپسولهای هزار میلی گرمی امگا-۳ به بازار عرضه نموده است .(۱۲)

تفاوت روغن ماهی و روغن کبد ماهی

روغن ماهی و روغن کبد ماهی با یکدیگر تفاوت دارند . روغن کبد ماهی که از کبد ماهی استخراج می شود یک منبع غنی از ویتامین A و D است در حالی که روغن ماهی از بافت و گوشت ماهی های روغنی استخراج می شود و منبع بزرگی برای EPA و DHA می باشد . روغن ماهی دارای مقادیر بسیار اندک ویتامین های A و D است . (۸)

۲-۱-اهداف تحقیق

با توجه به وسعت خواص دارویی و درمانی اسیدهای چرب امگا-۳ تولید آن می تواند گامی در جهت بهبود و ارتقای اقتصاد کشور باشد . می توان تولید امگا-۳ را از چند جنبه حائز اهمیت دانست :

۱- جلوگیری از هدر رفتن باقی مانده ها و گوشت کپور ماهیان پرورشی ، بالاخص فیتوفاگ که بیشترین درصد از ماهیان پرورشی را به خود اختصاص داده است .

۲- استفاده از این باقی مانده های بی ارزش (کبد ، امعاء و احشاء) و گوشت نامطلوب آن از نظر مزه و طعم، در جهت تولید امگا-۳ که ماده ای است با ارزش دارویی بالا برای تمام گروه های سنی.

۳- گامی در جهت خودکفایی و جلوگیری از واردات اسیدهای چرب امگا-۳ موردنیاز کشور و در نهایت عدم خروج ارز از کشور.

نسبت ماهیان گرمابی جهت پرورش به ترتیب فیتوفاگ ۶۰-۵۵٪ ، کپور معمولی ۲۰٪ ، کپور آمور یا علفخوار ۲۰-۱۵٪ و کپور سرگنده ۱۰-۵٪ در نظر گرفته شده است (۱۶).

از میان ماهیان مورد پرورش، ماهی کپور فیتوفاگ را می توان با حداقل امکانات محلی موجود در اقصی نقاط کشور مورد پرورش قرار داد و سرمایه گذاری بر روی این ماهی با مدیریت صحیح می تواند دارای بازدهی اقتصادی خوبی باشد که دلیل آن را در رژیم غذایی خاص ماهی که از اولین حلقه زنجیره غذایی موجود در آب استفاده می کند جستجو کرد. زیرا ماهی فیتوفاگ به جز دوره کوتاهی در اوایل زندگی خود که از پلانکتونهای جانوری تغذیه می کند ، در بقیه طول عمر خود از پلانکتونهای موجود در آب نیز تغذیه کرده که می توان فیتوپلانکتونها را به راحتی در محیطهای آبی مختلف با اضافه کردن کودها تولید نمود.

پس بنابراین علت استفاده از فیتوفاگ در تحقیق حاضر به دلیل آن است که این ماهی با کمترین امکانات و در دورترین مناطق رشد می کند و با شرایط محیطی کاملاً سازگار بوده و در تمام طول مدت سال در دسترس است بنابراین به دلیل فراوانی این گونه ماهیان ، تولید امگا-۳ از باقی مانده ها(کبد ، امعاء و احشاء) و گوشت آن نیز مقرون به صرفه است (۱۱ و ۱۶). شایان ذکر است که علت استفاده از بافت فیتوفاگ جهت استخراج روغن در این پروژه ، به دلیل غنی بودن بافت ماهی از نظر EPA و DHA نسبت به کبد آن است ضمن آنکه گوشت این ماهی پرورشی در مصارف خوراکی چندان لذیذ نیست لذا ترجیحاً استخراج روغن از بافت این ماهی صورت گرفت (۸) .

۳-۱- چربیها

چربیها یا لیپیدها ترکیباتی هستند که دارای خصوصیات زیر باشند (۷) :

۱- غیر محلول در آب

۲- محلول در حلالهای آلی مثل اتر – بنزن – کلروفرم

۳- دارای زنجیره های طویل هیدروکربنی باشد

اهمیت و نقش بیولوژی چربیها

لیپیدها دارای وظایف مهمی می باشند که مهمترین آنها به شرح زیر است (۱۷ و ۷) :

۱-آنها بهترین منابع انرژی غذایی هستند . زیرا از سوختن هر گرم چربی معادل ۹ کالری انرژی حاصل می شود در صورتیکه از سوختن هر گرم قند و پروتئین فقط ۴ کالری انرژی بدست می آید .

۲-چربیها انرژی شیمیایی را تا زمان احتیاج به آن برای اعمالی که نیازمند به انرژی هستند در بدن ذخیره می کنند .

۳- چربیها دارای خواص عایق هستند به همین جهت در زیر پوست از اتلاف حرارت بدن به خارج از آن و از نفوذ سرمای محیط به داخل بدن جلوگیری می کند .

۴- اعضا حیاتی بدن مثل قلب و کلیه بوسیله لایه ای از چربی احاطه شده اند و به همین جهت اعضای نامبرده را در مقابل ضربه و آسیب و فشار محافظت می کنند .

۵- چربیها از اجزای تشکیل دهنده غشاء سلولی هستند به علت این که آنها دارای دو قسمت قطبی و غیر قطبی هستند لذا نقش مهمی در جذب انتخابی و ساختمان محافظتی غشاء دارند .

همچنین مقدار لیپیدها و انواع لیپیدها در غشاء های مختلف متفاوت بوده و بستگی به نقش آن دارد .

بطوریکه هر چه مقدار لیپیدها در غشاء سلولی زیادتر باشد عمل حفاظتی آن غشاء بیشتر است .

۶- چون لیپیدها عمدتاً ترکیبات هیدروفوب هستند و بصورت غیر محلول هستند و چون بافتهای مختلف احتیاج به لیپید دارند باید این ترکیبات از محل سنتز خود به بافتهای دیگر انتقال یابند لذا لیپیدهای هیدروفوب به صورت

آزاد نمی توانند وارد جریان خون شده و جابجا شوند پس با پروتئین های مخصوص به نام لیپو پروتئین به صورت ترکیب محلول در آب در می آیند و بدین صورت در خون جابجا می شوند .

۷- ویتامین های محلول در چربی به همراه لیپیدها جذب می شوند . در صورت اختلال در جذب چربیها ، جذب این ویتامینها نیز مختل می شود (۱۷ و ۷) .

طبقه بندی چربیها

چربیها بر اساس قطبیت به دو دسته تقسیم می شوند (۱۷ و ۷) :

۱- چربیهای ساده مانند تری گلیسریدها – اسیدهای چرب

۲- چربیهای مرکب مانند فسفولیپیدها – گلیکولیپیدها – اسفنگولیپیدها

چربیهای ساده

اسیدهای چرب به صورت آزاد به مقدار ناچیزی در سلولها و بافتها دیده می شوند . بخش اعظم چربی های موجود در بدن که ذخیره شده است به صورت تری گلیسرید می باشد . واحدهای تشکیل دهنده تری گلیسریدها را اسید چرب گویند .

تاکنون چندین اسید چرب از موجودات زنده بدست آمده که همه آنها دارای یک زنجیره هیدروکربنی و یک عامل کربوکسیل می باشند . برخی از آنها کاملاً اشباع و برخی دارای یک یا چند پیوند دوگانه هستند .تعداد کربنهای اسیدهای چرب به استثنای چند نمونه زوج هستند (۱۷ و ۷) .

اسیدهای چرب را از نظر درجه اشباعیت می توان به صورت زیر تقسیم کرد :

الف) اسیدهای چرب اشباع[1]

مانند اسید بوتیریک با زنجیره کوتاه ، اسید میرستیک در موم زنبور عسل با زنجیره متوسط و اسید پالمیتیک با زنجیره بلند

ب) اسیدهای چرب با یک پیوند غیر اشباع[2]

دارای یک پیوند دوگانه هستند و در اکثر روغنهای گیاهی و حیوانی وجود دارد .

مانند اسید اولئیک در روغن زیتون و اسید پالمیتولئیک در روغن پالم (۱۷).

ج) اسیدهای چرب با چند پیوند غیر اشباع[3]

دارای چند باند دوگانه هستند . از این دسته می توان از لینولئیک اسید با دو باند دوگانه و ایکوزا پنتانوئیک اسید(EPA) با ۵ باند دوگانه و دوکوزا هگزانوئیک اسید (DHA) با شش باند دوگانه نام برد . EPA و DHA جزء اسیدهای چرب امگا-۳ هستند چون اولین باند دوگانه روی کربن سوم نسبت به متیل انتهایی قرار دارد (۱۷ و ۷). EPA و DHA مهمترین اجزاء غشاء سلولی هستند و نقش حیاتی در سلامت بدن دارند ، ساخت DHA به خصوص در بدن مشکل است و باید مستقیماً از ماهیها ، جلبک ها و خوراک های دریایی به دست آید . (۸)

چربیهای مرکب

این چربیها علاوه بر اسیدهای چرب و الکل ممکن است دارای عواملی مانند فسفات ، سولفات و قند نیز باشند که باعث افزایش قطبیت آنها می شود که بصورت زیر تقسیم بندی می شوند :

۱-فسفولیپیدها : این چربیها به نام گلیسرول فسفاتید نیز موسومند و بیشتر در غشاء سلول وجود دارند و کمتر در بافتهای ذخیره یافت می شوند . از نظر ساختمانی مشابه تری گلیسریدها هستند با این تفاوت که به جای یکی از

[1] -Saturated Fatty Acid (SFA)
[2]- Mono Unsaturated Fatty Acid (MUFA)
[3] -Poly Unsaturated Fatty Acid (PUFA)

اسیدهای چرب یک مولکول فسفات قرار می گیرد و ترکیب نیتروژن دار به فسفات می چسبد . فسفولیپیدها در اثر هیدرولیز شدن گلیسرول ، اسید فسفریک ، اسیدهای چرب و یک ترکیب نیتروژن دار می دهند .

۲- اسفنگولیپیدها : ترکیباتی هستند که دراثر هیدرولیز ، یک آمینوالکل غیر اشباع ، اسید چرب با زنجیره بلند و یک کربوهیدرات یا فسفات و یک ترکیب نیتروژنی به وجود می آورند .

در غشاء سلولهای گیاهی و حیوانی و در بافتهای عصبی به وفور یافت می شود . این ترکیبات در اثر هیدرولیز به یک مولکول اسیدچرب و یک مولکول الکل آمینه غیر اشباعی به نام اسفنگوزین تبدیل می شود .

۳- گلیکولیپیدها: ترکیباتی هستند که در اثر هیدرولیز اسفنگوزین ، اسیدهای چرب و یک کربوهیدرات می دهند(۱۷ و ۷).

٤-۱- تاریخچه

از قرن بیستم ، اصول تغذیه برای انسان یکی از پدیده های مورد توجه شده است . پژوهشگران علوم تغذیه ابتدا روی مواد پروتئینی و ویتامین ها که از عناصر حیاتی موردنیاز بدن هستند و بعد روی مواد معدنی (املاح) مانند ید، آهن، روی و سلنیوم بسیار کار کردند که مورد توجه سازمان بهداشت جهانی و سازمان بین المللی علوم تغذیه در تمام کشورها قرار گرفت . عوارض ناشی از کمبود این عناصر در بدن به خوبی شناخته شده ، بخصوص این عناصر برای رشد و تکامل کودکان ضروری و حیاتی است ، بعد از مواد پروتئینی ، ویتامین ها و مواد معدنی ، پژوهشگران بر روی موادچربی بررسی های بسیار زیادی انجام دادند . ابتدا در سال ۱۹۲۹ زوج جوانی به نام George&Mill کمبود مواد چربی را در خرگوش که ایجاد عوارض پوست خشک و عوارضی در بعضی اعضای بدن ایجاد می کرد بررسی نمودند .

در سال ۱۹۵۶ در دانشگاه آکسفورد Sindair&Hugh از متخصصان تغذیه ، اختلال متابولیسم چربی و نقصان بعضی از اسیدهای چرب را در بیماران قلب و عروق ، پوست، دیابت و سرطان نشان دادند .

در سال ۱۹۶۹ دو تن از متخصصان دانمارکی به نام های H.O.Bang و John Dyerberg که اولین بار به جهت بررسی عادات غذایی اسکیموها به گرینلند سفر کرده بودند دریافتند که مردم این جوامع به رغم مصرف میزان

زیاد چربی و روغن به بیماریهای عروق قلب مبتلا نمی شوند . با توجه به رژیم غذایی اسکیموها که بیشتر از نهنگ ، خوک دریایی و ماهی سالمون جهت خوراک خود استفاده می نمودند در نهایت پس از ده سال تحقیق در سال ۱۹۷۹ اعلام کردند که دلیل این مسئله ، وجود اسیدهای چرب غیراشباع امگا-۳ است که در بدن این آبزیان یافت می شود و این تحقیق آغاز پژوهش های بی شماری شد که همگی به خواص شگرف روغن ماهی و اسیدهای چرب امگا-۳ در تنظیم عملکرد زیر ساختاری و فعالیتهای اساسی حیات در بدن اذعان داشته و دارند (۱۸) .

۵-۱- تعریف امگا-۳

شامل مجموعه ای از اسیدهای چرب چند غیر اشباعی است که بخشی از رژیم غذایی انسان را برای سالها تشکیل داده است . در دو دهه اخیر مطالعات متعددی نشان داده است که رژیم غذایی غنی از اسیدهای چرب غیر اشباع تنها منبع اصلی تغذیه نیست اما اثرات سودمندی بر روی سلامتی انسان خواهد داشت .

در ماهی ، اسیدهای چرب چند غیراشباعی وجود دارد و ساختمان شیمیایی این اسیدها به شکلی است که پیوند دوگانه آن بین کربن ۳ و ۴ می باشد بر همین اساس نام آن را امگا-۳ نهادند (۱۸ و ۵۰).

سه اسید چرب امگا-۳ که روی آنها تحقیقات زیادی انجام شده است عبارتند از : ۱- آلفا لینولنیک اسید (ALA) که بیشتر منبع گیاهی دارد و در گیاهانی مانند گردو ، جوانه گندم ، سویاو روغن بذر کتان روغن سبزیجات روغن تخم بزرک موجود است (۱۳). ۲- ایکوزا پنتانوئیک اسید (EPA)[4] ۳- دوکوزا هگزانوئیک اسید (DHA)[5] که این دو دسته آخر، دو گروه مهم از اسیدهای چرب امگا-۳ هستند که منحصراً در ماهی بخصوص ماهیان آبهای سرد و ماهیهای دیگر به مقدار زیاد یافت می شوند درصورتیکه در هیچ ماده غذایی دیگری این گونه نیست (۹ و ۵۰).

آبزیان دارای خواص اعجاز آمیزی هستند که این مهم در کشور ما متأسفانه کمتر مورد توجه قرار گرفته است . در کشورهایی که از این ویژگی آگاهی دارند ، مصرف آبزیان همواره رو به افزایش بوده است در ژاپن مصرف

[4] -Eicosa Pentaenoic Acid
[5] - Docosa Hexaenoic Acid

سرانه ماهی بیش از ۸۵ کیلوگرم در سال بوده و عمر متوسط ۸۸ سال است و علت اصلی مرگ و میر در این کشور کهولت سن و سالخوردگی است .

در حالی که مصرف سرانه آبزیان در ایران کمتر از ۵ کیلوگرم بوده و عمر متوسط ۶۸ تا ۷۰ سال است و علت اصلی مرگ و میر بیماریهای قلبی و عروقی گزارش شده است . در صورتیکه اگر هر ایرانی فقط در هر هفته ۲۰۰ گرم ماهی مصرف کند ، درصد بیماران قلبی-عروقی به میزان چشمگیری کاهش می یابد (۱۵).

٦-۱- اهمیت نیاز به مصرف ماهی

ماهی و محصولات دریایی با وجود آن که از مواد غذایی حیوانی هستند ولی از نظر ترکیب چربی با سایر مواد حیوانی متفاوتند . چربی موجود در مواد غذایی حیوانی بطور عمده حاوی ترکیباتی به نام اسیدهای چرب غیر اشباع هستند که این ترکیبات موجب بالابردن کلسترول و سایر چربی موجود در آبزیان از نوع اسیدهای چرب چند غیر اشباعی است به نام امگا-۳ است که در انواع ماهی و سخت پوستان دریایی به مقدار زیادی یافت میشود (۹ و ۵۰).

آبزیان پرورشی نیز منبع بسیار خوبی از امگا-۳ هستند (۹) . اختلاف بین مقدار این ماده در آبزیان (ماهی و میگو) پرورشی و دریایی بسیار کم است . همه انواع آبزیان بخصوص ماهیان چرب مانند کپور فیتوفاگ ، ساردین ، قباد، ماهی خاویاری و قزل آلا دارای مقدار بیشتری امگا-۳ هستند . مقدار این ماده در ماهی سرخو ، سوف و ماهی سفید کمتر است (۹) .

مقدار امگا-۳ در آبزیان بستگی به عوامل زیادی دارد . در مورد ماهیان پرورشی مقدار امگا-۳ بستگی به گونه ماهی و کیفیت غذای آن دارد . مقدار امگا-۳ در قزل آلا و ماهی آزاد پرورشی با توجه به نوع غذای این ماهیان، مشابه ماهیان دریایی است . مقدار امگا-۳ در ماهیان دریایی نیز بستگی به فصل صید ، سن و اندازه ماهی دارد . بهترین توصیه برای دریافت امگا-۳ مصرف انواع آبزیان دریایی و پرورشی است (۹).

اسیدهای چرب EPA&DHA پس از وارد شدن در بدن انسان وارد خون شده و هیچگاه به حالت جامد و رسوب در نمی آیند که دلیل اساسی عدم یخ زدگی و انجماد ماهیها در آبهای سرد می باشد .روغن ماهی منبع بسیار

فراوان امگا-۳ بوده و این دو اسید چرب از آلفا لینولنیک اسید (ALA) در بدن به مقدار کم سنتز می شوند چون در بدن آنزیمی است که می تواند ALA را به EPA تبدیل کند ولی مقدارآن در بدن به قدر کافی نیست و باید از خارج وارد بدن شود (۱۵).

به همین جهت امروزه متخصصان علوم تغذیه توصیه می نمایند چنانچه در برنامه غذایی هفتگی ۳-۲ بار به طور منظم و دایمی ماهی مصرف شود ، خطر بیماریهای عروق قلب تا ۵۰٪ کاهش پیدا می کند .

این مطلب نتیجه تحقیقات دانشمندان آمریکایی روی ۸۰۰۰ نفر از ساکنان جزیره هاوایی است که بین سنین ۶۵-۴۵ سالگی بودند و در هفته بیش از دو وعده ماهی استفاده می کردند و در آنان بیماریهای عروق قلب به مراتب کمتر مشاهده شده است .

در تمام مقالات علمی-پژوهشی که در مورد امگا-۳ انجام شده است بر اهمیت آن در جلوگیری از امراض مختلف مانند بیماریهای عروق قلب ، روماتیسمی ، پوکی استخوان ، پوست ، عصبی و مقاومت بدن تأکید شده است (۱۸).

بر طبق آخرین تحقیقات انجمن پزشکی آمریکا، مصرف گوشت ماهی به مقدار فقط هفته ای یک بار خطر سکته مغزی را در مردان به مقدار قابل توجهی کاهش می دهد این تحقیقات که بر روی ۴۳۰۰۰ مرد در طی ۱۲ سال انجام شده است نشان می دهد افرادی که یک تا سه بار در هفته گوشت ماهی می خورند ۴۰ در صد کمتر در معرض سکته مغزی ناشی از نارسایی خون به مغز قرار دارند .

آزمایش نشان می دهند که خوردن هر نوع آبزی قابل مصرف ، می تواند چنین اثری داشته باشد نتایج مطالعه ای که در سال ۱۹۹۵ در آمریکا انجام شد نیز حاکی از آن است که مصرف یک وعده ماهی چرب در هفته میتواند خطر سکته قلبی را ۷۰-۵۰ ٪ کاهش دهد (۹).

گرما ، نور و هوا باعث از بین رفتن یا کاهش مقدار امگا-۳ می شود بنابراین برای نگهداری امگا-۳ در غذاهای دریایی باید ۱- آبزی را پس از صید بی درنگ در آب یا مخلوط آب و یخ نگهداری کرد ۲- در فرآورش یا پخت از دمای بالا استفاده نشود ۳- مدت زمان نگهداری آن در سردخانه یا یخچال کاهش یابد (۱۵).

متخصصان علوم تغذیه به این باور رسیده اند که تعادل بین اسیدهای چرب امگا-۳ با اسیدهای چرب امگا-۶ (پیوند دوگانه بین اتم کربن ۶ و ۷ می باشد) در غذاها مهم هستند زیرا اغلب مردم بر اساس مصرف رژیم های

نوع غربی بیشتر از غذاهای غنی از امگا-۶ که شامل گوشت قرمز،روغن بادام زمینی، غلات ، نان گندم و غذاهای پخته شده ، غذاهای سرخ شده ، مارگارین و غیره استفاده می کنند که این نسبت برای اغلب اشخاص خارج از تعادل مناسب است (۵). بر این اساس مشخص شده است که مردم بسیاری از کشورها باید برای رسیدن به حالت تعادل مطلوب ، امگا-۳ بیشتری مصرف نمایند.البته اپتی موم مقدار نسبت Omega-3 به Omega-6 مورد بحث است اما تخمین زده می شود که این نسبت ۱:۱ باشد. (۱۵).

همچنین EPA برای ساخته شدن پروستاگلاندین[۶] ها ، کنترل فعالیتهای عروقی ، کنترل فرآیندهای التهابی ، کنترل فرآیندهای انعقاد خون ضروری است .پروستاگلاندین ها و ترکیبات وابسته به آنها مولکولهایی شبیه هورمون هستند که از اسیدهای چرب دارای حلقه ۲۰ کربنه که محتوی ۴،۳ یا ۵ باند دوگانه هستند مشتق شده است که در تنظیم مواردی مانند التهاب ، درد و ورم ، فشارخون ، ساختمان قلب، ساختمان معده و روده و ترشح هورمون ، ساختمان کلیه و تعادل مایعات ، انتقال دهنده های اعصاب و غیره نقش کلیدی دارد(۹ و ۵۰).

DHA نیز با شرکت در ساختار شبکیه چشم ، بافت خاکستری مغز و سیستم تولید مثل باعث عملکرد صحیح آنها می شود همانطور که کمبود آن به اختلالات عملکرد رایج ارگانهای یاد شده می انجامد (۹ و ۵۰).

۷-۱- مهمترین اثرات تغذیه ای روغن ماهی بر اندام های بدن

۱- اسیدهای چرب امگا-۳ به دلیل شرکت در ساختمان فسفولیپیدهای غشاء سلولی و با تنظیم ماهیت فیزیکوشیمیایی آن ، نقش بسیار مهمی در تنظیم فعالیت های بیولوژیک و متابولیک ایفا می کند.

۲- اسیدهای چرب غیراشباع زنجیره بلند(DHA C22:6 و EPA C20:5) پیش ساز پروستاگلاندین ها به شمار میروند که این مواد برای انجام فعالیتهای حیاتی پستانداران ضروری و حیاتی اند.

۳-اسیدهای چرب غیر اشباع زنجیره بلند برای تشکیل و تکامل ماده خاکستری مغز و شبکیه چشم ضروری و حیاتی اند .کمبود این مواد در دوران جنینی و سالهای اول زندگی باعث بروز نقص در زمینه تیزی دید[۷] ،

---

[6] -Prostaglandin
[7] - Visual acuity

مهاجرت صحیح سلولهای عصبی اولیه از اطراف بطن های اولیه، مهارتهای گفتاری و حتی تعادل خلق و روان می گردد.

۴-اسیدهای چرب امگا-۳ باعث تنظیم الاستیسیته غشاء نورون ها شده و بدین ترتیب انجام تبادلات یونی از طریق غشاء[8] را که لازمه ایجاد و انتقال سیگنالهای عصبی است ممکن و تسهیل می کند و به این طریق عملکرد سیستم عصبی را تحت فرمان خود دارند.

۵-اسیدهای چرب امگا-۳ در کنترل عملکرد و فعال سازی آنزیم های غشاء سلولی نقش دارند .

۶-اسیدهای چرب امگا-۳ با حضور در درون غشاء میتوکندری ها ، چرخه الکترون در درون آنها و در درون سلول و به دنبال آن فعالیتهای تولید و مصرف انرژی در سلول را تحت کنترل دارد .

۷-اسیدهای چرب امگا-۳ با شرکت در ساختار لیپو پروتئین های سرم ، بر نقل و انتقالات درون پلاسما اثر میگذارند.

۸-اسیدهای چرب امگا-۳ با تحریک سلولها با درونی شدن کلسترول[9] ، میزان کلسترول پلاسما را کاهش داده و زمینه رسوب آن را در عروق و بروز بیماریهای انسداد عروق و سکته های قلبی را از بین می برد . (۹) .

۸-۱- فواید و مزایای مصرف امگا-۳

۱-بهبود سلامت قلب

اسیدهای چرب امگا-۳ سطح کلسترول خون را پائین نگه می دارند (از طریق تسریع در دفع و یا تبدیل کلسترول به املاح صفراوی) و ضربان غیر منظم قلب را تنظیم نموده و فشار خون را پائین می آورند .

محققان اکنون عقیده دارند که آلفا لینولنیک اسید (ALA) که یکی از اشکال امگا-۳ است به ویژه برای جلوگیری از بیماریهای قلبی و عروقی و کاهش سطح کلسترول و تری گلیسرید خون مفید می باشد منابع سرشار از ALA ، روغن دانه بزرک و کتان ، روغن مایع و مارگارین نیمه جامد است (۱۵).

[8] -Trans membrane
[9] -Internalization

اثر امگا-۳ در بهبود سلامت قلب در واقع همان اثر بر خواص رئولوژیک خون است که به طور عام افزایش سیال بودن خون نامیده می شود .چون ساختمان غشای گویچه های سرخ مانند تمامی سلولهای بدن مستقیماً و کاملاً تحت تأثیر پروفایل چربی های مصرف شده رژیم غذایی است (۱۵).

با جانشینی امگا-۳ در غشای گلبولهای قرمز خون ، قابلیت انعطاف گلبول ها افزایش یافته و به این طریق از مویرگهای نازک تر از قطر یک گویچه سرخ راحت تر عبور می کنند . به این ترتیب و با کاهش ویسکوزیته خون قلب انرژی کمتری برای پمپاژ مصرف می کند که این واقعیت کمک شایانی به تثبیت وضعیت همودینامیک افراد مسن و یا افراد مبتلا به انواع نارسایی قلب می کند (۹).

۲-رقیق کردن خون

از خواص دیگر امگا-۳ رقیق کردن خون است که باعث تسهیل حرکت مواد از جدار عروق می شود ، امروزه توصیه می شود به جای آسپرین که به مقدار کم جهت رقیق کردن خون مصرف می شود و در درازمدت ایجاد عوارض در بیماران می نماید روزانه از امگا-۳ مصرف شود (۱۸).

۳-تنظیم کلسترول خون

امگا-۳ باعث کاهش اختلالات متابولیسم کلسترول و تنظیم کلسترول خوب و بد می شود در دوران بیماری نشان داده شده است که مصرف امگا-۳ دوران بیماری را کوتاهتر و بهبودی را تسریع می کند (۱۸).

LDL[10] و HDL[11] حمل کننده کلسترول می باشند . به LDL کلسترول بد گویند و به HDL کلسترول مطلوب یا خوب خون گویند زیرا LDL موجبات انتقال کلسترول از کبد به عروق خونی را فراهم می کند و باعث رسوب چربی در عروق خونی شده در حالیکه HDL باعث حمل کلسترول از خون و عروق به کبد را فراهم می کند .

[10] -Low Density Lipid
[11] -How Density Lipid

٤-کاهش فشارخون

مطالعات بر روی گروه بزرگی از مردم که اسیدهای چرب امگا-۳ رابیشتر مصرف می کنند نشان داده است که در مجموع سطح فشار خون آنها پائین آمده است .تحقیقات نشان داده است که کاهش فشارخون در بیمارانی که حداقل ۳ گرم در روز روغن ماهی دریافت می کنند از ۵/۵ mmHg – ۳/۵ ایجاد می شود (۱۵).

٥-بهبود ورم های مفصلی و روماتیسمی

رژیم های غذایی غنی از اسیدهای چرب امگا-۳ برای بهبود دردهای مفصلی مفید می باشند . امگا-۳ به شریان ها و همچنین بسیاری از قسمتهای دیگر بدن کمک کرده و از التهاب جلوگیری می نماید، طی سالها مطالعات گسترده نشان داده شده است که در اشخاصی که امگا-۳ بیشتری دریافت کرده اند ، بیماریهای التهابی کمتری گزارش شده است(۱۵) . در تحقیقی که در سال ۱۹۹۷ در دانشگاه پوردو [12] در آمریکا انجام شد ، دانشمندان به رابطه بین امگا-۳ و استخوانها پی بردند . این تحقیق بیان می کند که امگا-۳ در رشد استخوانها نیز مؤثراست زیرا طبق تحقیقات آنان استخوان حیواناتی که در غذای آنها امگا-۳ افزوده شده بود از استخوان بقیه حیوانات که تغذیه عادی داشتند محکمتر بوده و جریان شکل گیری بهتری را از خود نشان می دادند (۸) .

در سال ۱۹۹۸ طی یک سری آزمایشات کلینیکی گزارش شد که اسیدهای چرب امگا-۳ در مقایسه با داروهای موجود در بهبود ورم مفاصل موفق تر بوده است . این تحقیقات همچنین نشان داد که دریافت بیشتر اسیدهای چرب امگا-۳ بعضی از افراد را قادر ساخت تا داروهای ضد التهابی خود را کاهش دهند.

٦- بهبود افسردگی و علائم دیگر سلامت روحی

ساختمان مغز به طور قابل ملاحظه ای از چربی تشکیل شده است . این عضو دارای ۶۰٪ چربی است و برای انجام اعمال کامل خود نیاز به اسید چرب امگا-۳ دارد.اکنون محققین دریافتند یک ارتباط بین بدخلقی و غلظت پائین اسیدهای چرب امگا-۳ در بدن وجود دارد ، امگا-۳ به تنظیم مسائل سلامت روحی کمک می کند . مطالعه روی

[12]- Purdue

۳۲۰۴ بزرگسال در فنلاند نشان میدهد که مصرف متناوب روغن ماهی میتواند میزان مستعد بودن به depression را کاهش دهد که این در مقایسه با گروهی است که روغن ماهی را بطور متناوب مصرف نکرده بودند(۱۸).

۷- کمک به جلوگیری از بروز سرطان

تحقیقات اولیه از سوی دانشگاه کالیفرنیا و لوس آنجلس نشان داد که اسیدهای چرب امگا-۳ ممکن است در نگه داشتن سلامت بافت سینه و جلوگیری از بروز سرطان سینه کمک کند . همچنین در مطالعات اخیر افرادی که به طور کافی در رژیم غذایی آنها روغن ماهی وجود دارد در مقایسه با سایر گروهها کمتر در معرض ابتلاء به سرطان روده بزرگ بوده اند (۱۵).

۸- امگا-۳ در سیستم ایمنی

از اساسی ترین اثرات تغذیه ای روغن ماهی ، تقویت سیستم ایمنی در برابر بیماریهای ویروسی ، باکتریایی و یا انواع سرطانها است .

بدین ترتیب که اسیدهای چرب امگا-۳ با دخالت در روند فیزیکوشیمیایی التهاب ، روند فرآیندهای التهابی و خود ایمنی را در بدن تغییر داده و از این طریق بر طیف وسیعی از بیماریها از جمله آسم ، انواع آلرژی هاو انواع اگزما تأثیر گذاشته و به بهبود اصلاح سیکل های معیوب ایجاد شده کمک می کند(۱۵) .

۹-امگا-۳ در پوست و زیبایی

باور عمومی این است که کرم ها و لوسیون ها باعث لطافت و درخشندگی و شادابی پوست می شود . حال آنکه در واقع پوست بعنوان بزرگترین عضو بدن که وظیفه حفاظت از اندام های درونی ، حفظ دمای بدن، ایمنی در برابر ارگانیسم های مهاجم و بسیاری از واکنش های متابولیک را بر عهده دارد ، کاملاً تحت تأثیر پروفایل تغذیه ای افراد است .بهترین رژیم غذایی برای حفظ سلامت پوست ، استفاده از میزان کافی میوه و سبزی و مصرف اسیدهای چرب غیراشباع ضروری است(۱۸) .

محتوی اسیدهای چرب امگا-۳ در غشای سلولهای پوست علاوه بر ایجاد تعادل میان حفظ مقاومت و الاستیسیته در سلولها ، موجب تحریک تشکیل کلاژن و نیز الاستین شده و باعث می شود پوست شاداب و جوان مانده و تا سنین بالا نیز این حالت را حفظ نماید. اسیدهای چرب امگا-۳ به همراه ویتامین A,E,D موجود در روغن ماهی و به همراه میزان کافی روی باعث حفاظت پوست در برابر انواع آکنه و اگزما می گردد (۱۸) .

۱۰- امگا-۳ در جنین و کودکان

اشاره کردیم که EPA و DHA برای تکامل مغز ، سیستم عصبی و شبکیه کاملاً ضروری اند ، در واقع مهمترین دوره نیاز جنین به EPA و DHA سه ماهه سوم بارداری است ، توصیه شده است که مادران حتی هنگام تصمیم به بارداری برای مصرف فرآورده های غذایی حاوی امگا-۳ تشویق شوند تا ذخائر امگا-۳ بدن آنها نیازهای جنین را تأمین نماید(۲۵) .

نتایج بررسی های متعدد نشان داده است که تکامل سیستم مغز و اعصاب ، مهارتهای گفتاری ، رفتاری ، دیدچشم و بهره هوشی در فرزندان مادران تغذیه شده با امگا-۳ در دوران بارداری و شیردهی بسیار بهتر و صحیح تر انجام پذیرفته است . همچنین در کودکانی که روزانه مقادیر کافی امگا-۳ دریافت کرده اند احتمال بروز اختلالاتی مانند چاقی در دوران کودکی کمتر می گردد(۱۸) .

۱۱-امگا-۳ در ورزشکاران

اسیدهای چرب امگا-۳ موجود در میتوکندریها بر تولید و مصرف بهینه انرژی در سلول تأثیر می نهند و چرخه انتقال الکترون را نیز تحت کنترل دارند و به این طریق در بخش تغذیه پزشکی – ورزشی و بخصوص جهت ورزشکارانی که به تحمل فشارهای سنگین نیاز دارند ، کاربرد روز افزونی پیدا کرده است .

همچنین به جهت افزایش بازده قلب به هنگام نیاز ورزشکار ، افزایش انعطاف پذیری عروق ، تحریک ترمیم آسیب های ناشی از تمرین با وزنه سنگین روی مفاصل ورزشکار و کاهش التهابات متعاقب تمرینات سنگین پاورلیفتینگ ، مصرف اسیدهای چرب امگا-۳ در رژیم غذایی ورزشکاران حرفه ای به ویژه رشته های وزنه برداری و پاورلیفتینگ توصیه می گردد(۱۸).

۱۲- امگا-۳ در سالمندان

غذاهای حاوی اسیدهای چرب امگا-۳ برای افراد سالمند بسیار مفید و حائز اهمیت است .اسیدهای چرب امگا-۳ باعث کنترل فرایندهای التهابی و کاهش التهاب به ویژه در سطوح مفصلی می گردند.

بعلاوه اینکه با بهبود بازده سیستم قلب و عروق و تسهیل گردش خون ، جلوگیری از بروز و تأخیر سیر اختلالاتی مانند آلزایمر و حفظ تعادل خلق و نشاط افراد سالمند ، استفاده از مقادیر کافی اسیدهای چرب امگا-۳ در رژیم غذایی سالمندان توصیه می گردد(۲۵) .

همچنین DHA در بدن ، فرآیندهای آنتی اکسیدان را فعال نموده و از طریق حفاظت از ترکیبات و مولکولهای غیر اشباع ، فرایندهای پیری را به تأخیر می اندازد (۶) . تحقیقات نشان می دهد که مصرف امگا-۳ باعث افزایش حافظه و افزایش قدرت یادگیری شده و از پاک شدن حافظه های ثبت شده بر روی مغز جلوگیری می کند (۱۸).

۱۳- امگا-۳ در بیماران دیابتی

دیابت یک بیماری است که بر اثر افزایش بیش از اندازه گلوکز در خون ایجاد می شود . دیابت با ایجاد آسیب در عروق باعث افزایش حمله قلبی می شود و در اندام ها در نهایت ایجاد قانقاریا می کند . تحقیقات بسیاری نشان داده است که امگا-۳ دارای ارزش زیادی در درمان چرخه مشکلات ناشی از دیابت است ، به این صورت که با پرداخت دیواره وریدها ، باعث افزایش حالت کشسانی و انعطاف پذیری آنها می شود . توصیه می شود که بیماران دیابتی ۲ تا ۳ وعده در هفته ماهی بخورند و به طور متناوب از ۲ تا ۳ کپسول یک گرمی روغن ماهی هر روز استفاده نمایند (۸) .

۹-۱- منابع غذایی امگا-۳

الف) منابع حیوانی: همه انواع آبزیان بخصوص ماهیان چرب نظیر کپور فیتوفاگ ، ساردین ، قباد ، ماهی خاویاری ، قزل آلا، ماهی سالمون اقیانوس اطلس ، کفشک ماهی ، ماهی تون اقیانوس اطلس از منابع غنی امگا-۳ هستند . همچنین گوشت آهو ، گوزن، گاومیش نیز منابع خوبی از امگا-۳ هستند (۱۸).

ب) منابع گیاهی: روغن کلزا ، دانه بزرک و کتان ، گردو ، برگ سبز سبزیجات ، منابع خوبی از آلفالینولنیک اسید هستند . یک چهارم فنجان (یک اونس) گردو در حدود ۲ گرم اسیدچرب امگا-۳ را تأمین می کند (۵ و ۱۸).در جدول زیر مقدار امگا-۳ چند ماهی بطور میانگین داده شده است (۳۰) .

جدول ۱-۱ .مقایسه میانگین درصد های امگا-۳ کپور با ماهیان دیگر(۳۰)

نام ماهی	٪چربی	EPA ٪	DHA٪	ALA٪
کپور	۲-۲/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۳
گربه ماهی	۲/۱-۳/۸	مقدار جزئی	۰/۱-۰/۲	۰/۱
کاد	۰/۱-۰/۹	مقدار جزئی	۰/۱-۰/۲	مقدار جزئی
شاه ماهی	۰/۴-۲۲	۰/۷-۰/۹	۰/۹-۱/۱	۰/۱
سالمون	۰/۳-۱۴	۰/۷-۰/۶	۱/۳-۱/۵	۰/۱

۱۰-۱- میکروکپسولاسیون

میکرو کپسوله کردن فرایندی است که در آن ذرات ریز جامد ، مایع وگاز توسط مواد خاصی پوشش داده می شوند ،این مواد که اصطلاحاً مواد هسته ای اطلاق می شوند به همراه مواد پوشش دهنده به صورت یک امولسیون در آمده سپس به کمک روش های مختلف فیزیکی وشیمیایی آنرا به میکروکپسولها با اندازه های مختلف تبدیل می کنند، علاوه بر روش های فوق امروزه از تکنیکی استفاده می شود که در آن مواد هسته ای را بوسیله سلول مخمری پوشش داده می شود سپس آنرا همانند روشهای قبلی به میکروکپسول تبدیل می کنند(۴) . تکنیک میکروکپسولاسیون در صنایع غذایی و دارویی برای حفاظت از آنزیمها ، حفظ طعم داروی کپسوله شده، کنترل رهش ، کپسولاسیون طعمها برای استفاده در غذاها و نوشیدنیها و ... به کار می رود .یکی از شیوه های میکروکپسولاسیون کوآسرواسیون است (تکنولوژی جدایشی فازی که به عنوان یک شیوه فیزیکوشیمیایی برای تهیه کپسولهای پلیمری به کار می رود) . کوآسرواسیون ابتدا توسط دو دانشمند با نامهای Bungenberg de jong & Kruyt در سال ۱۹۲۹ مورد بررسی قرار گرفت و به دو گروه کوآسرواسیون ساده و ترکیبی تقسیم شد . عبارت کوآسرواسیون از کلمه لاتین acervus به معنای توده (Heap) و پیشوند Co به معنای با همدیگر برای توصیف اجتماع ذرات کلوئیدی می باشد . توده ای شدن ترکیبی بر پایه تشکیل کمپلکس بین پلیمرهای دارای بار مخالف می باشد . اگر شرایط مطلوب حاصل آید ، ژلاتین و صمغ عربی به شکل کمپلکس در می آید که

می تواند حاوی پوشش حول ماده موردنظر باشد . به طور سنتی در این تکنیک از ژلاتین و صمغ عربی استفاده می شود که اولین کاربرد آن در تولید کاغذهای کپی بدون کربن بوده است (۲) .

فرایند میکروکپسول کردن سبب بهبود و افزایش ماندگاری مواد هسته ای می شود،همچنین شرایط محیطی را به گونه ای تغییر می دهد که مواد هسته ای در زمان و شرایط ویژه وبه مقدار معین آزاد شوند .

از این تکنولوژی در صنایع مختلف به خصوص در صنایع غذایی به منظور جلوگیری از فراریت، کاهش یا از بین رفتن موادیکه به فرآیند های تکمیلی مواد غذایی حساس اند ،افزایش مدت زمان ماندگاری و کنترل زمان آزاد سازی آنها استفاده می شود (۲۸ و ۲۹)

میکرو کپسوله کردن فرآیندی است که درآن ذرات کوچک جامد, مایع ویا گازهابوسیله لایه نازکی احاطه میشوندکه قادراند محتویات خود را در زمان مشخص وتحت شرایط ویژه وبه مقدار مشخصی آزاد نمایند. بطور کلی میتوان گفت میکروکپسول ها از دو جزء زیر تشکیل شده اند (۴) .

۱.مواد مرکزی[۱۳]

۲- مواد دیواره ای یا پوشش دهنده [۱۴]

مواد تشکیل دهنده قسمت مرکزی میکرو کپسول ها دارای یکی از حالات زیر می باشند:

مواد محلول در آب، مواد جامد نامحلول درآب،مایعات نامحلول درآب،محلولها،مواد جامد پراکنده در مایعات و گازها .

همچنین مواد پوشش دهنده یا حامل که بر اساس مشخصه های فیزیکی مواد هسته ای وکاربردهایشان انتخاب میشوندعمدتاً مواد پلیمری قابل فیلم شدن می باشنداین پلیمرها میتوانند‌از نوع سنتزی ویا طبیعی باشند به نمونه هایی از این مواد پوشش دهنده در زیر اشاره میشود:

کربوکسی متیل سلولز،سلولز استات فتالات،اتیل سلولز،اتیل ومتیلن استات،ژلاتین،صمغ عربی (۴) .

میکرو انکپسولاسیون عبارت از بسته بندی مواد فعال داخل کپسول های ریز به طوریکه محتویات خود را تحت شرایط ویژه وبه مقدار مشخصی آزاد مینماید نتیجه انجام این فرایند ذرات ریزی است که میکروکپسوله نامیده

---

[13]- Core Material

[14]- Wall Material

میشود. دامنه اندازه این میکروکپسول ها میتواند بین ۱ تا ۱۰۰۰μm باشد و با توجه به روشهای فرآوری متفاوت باشد . (۴)

پوشش دهی در اندازه کوچک یا میکروکپسول دار کردن [۱۵] ، فرآیندی است که در آن ذرات ریز جامد ، قطرات مایع یا حبابهای گاز توسط لایه ای نازک احاطه می شوند . مواد لایه پوشش دهنده یا حامل ، بر اساس مشخصه های فیزیکی ماده فعال و کاربردهای موردنظر انتخاب می شوند . برخی مواد مصرفی در ساخت دیواره عبارتند از پلیمرهای آلی ، پلی ساکاریدها ، مومها و چربیها . این گونه کپسولها شامل پوشش دهنده و ماده فعال اند . شکل هندسی و ساختار این کپسولها عاملی مهم در فرآیند ساخت آنها به شمار می- رود.پوشش دهی در اندازه کوچک ، که عمدتاً برای اصلاح و بهبود ترکیبات سازنده است ، در صنایع غذایی کاربرد زیادی دارد . از جمله موارد مهم استفاده از این فن در صنایع غذایی می توان به پوشش دهی مواد طعم دار و عطر دار اشاره کرد که به منظور محافظت در برابر نورخورشید و حرارت ، جلوگیری از تغییرطعم و بهبود آن انجام می شود (۲)

همانطور که گفته شد میکروکپسوله ها از نظر ساختمانی از دو جزء تشکیل شده اند که ممکن است هر یک از این اجزاءبا توجه به کاربرد در صنایع مختلف از مواد و ترکیبات مختلفی تشکیل شده باشند، در ذیل به تعدادی از آنها اشاره می شود.

معمولا مواد درون هسته جزء یکی از دسته های زیر می باشند (۴) :

۱)حلالها : تولوئن، بنزن، سیکلو هگزان، فنلهای کلرینه شده، پارافین ها، استرها ، اترها و الکلها

۲)نرم کننده ها : فتالاتها، ادیپات ها، فسفات ها، سیلیکون ها و هیدروکربنها کلرینه شده

۳)اسیدها وبازها : اسید بوریک، سود سوز آور وآمینها

۴)کاتالیست ها : اکسیدان ها وعوامل احیاء کننده

۵)مواد رنگی : رنگ هاو رنگدانه ها بخصوص رنگهای (leuco) برای کاغذهای کپی بدون کربن

۶)چسبها : پلی سولفیدها، سیانو آکریلاتها، ایزو سیاناتها، رزین اپوکسی وترکیبات چسبی حساس به گرما

۷)عطر ها : متانل، اسانس ها وترکیبات دارویی ویژه

۸)داروها : آسپیرین ، ویتامینهاوآمینواسیدها

[15]- Microencapsulation

۹)غذاها : روغن ها، چربی ها و ادویه جات ومواد معطر

۱۰)مواد شیمیایی کشاورزی : علف کش ها، مواد حشره کش ها و کودها سموم دفع آفات

۱۱)مواد تثبیت و ضبط : کریستال های مایع، گسترش دهندها و ترکیبات فتوکرومیک

۱۲)مواد بازدارنده از رنگ زدایی : کرومات روی وبقیه ترکیبات

۱۳)مواد دیگر : پاک کننده ها ، سفید کننده ها ومواد ضد آتش (۴)

ویژگی های مواد تشکیل دهنده دیواره

قسمت خارجی یا مواد پوشش دهنده عمدتاً مواد پلیمری قابل فیلم شدن هستند این پلیمرها میتوانند از نوع سنتزی ویا پلیمر باشند که این انتخاب بستگی به مواد هسته ای وویژگی های مطلوب مورد نظر در میکرو کپسولهای نهایی دارد وبه طور کلی مواد پوشش دهنده در ارتباط با مواد کپسوله شده زمان نگهداری نا محدود وآزاد سازی مواد هسته میبا شند.

عملکرد میکروکپسول در زمان آزاد سازی به میزان قابل توجهی بستگی به دیواره کپسول دارد.

انتخاب ماده مناسب بعنوان دیواره کپسول ازاهمیت ویژه ای برخوردار است که نبایستی به بدن انسان آسیب برساند.مانند کو پلیمر وکوپلیمر های پلی لاکتیک اسید که به اسید لاکتیک تبدیل میشوند که این ماده ترکیبی بی ضرر برای بدن است (۴) .

پارامتر های انتخاب دیواره میکروکپسولها

۱)خواص فیزیکی و شیمیایی مانند : وزن مولکولی، قابلیت انحلال ، قابلیت کریستال شدن، تشکیل دادن فیلم ونفوذ پذیری میباشد.

۲)محصولی که مورد نیازومدنظر است تولید کند.

۳)طبیعت مواد هسته ای

۴)پروسه انکپسوله کردن

۵)مواد پوششی با ماده غذایی سازگاری داشته باشد (۱۴) .

۱۱-۱- اهداف میکروکپسوله کردن

به کارگیری این تکنولوژی به طور بالقوه دارای فواید زیادی می باشد، به طور کلی با میکروانکپسولاسیون دسترسی به اهداف زیر ممکن می شود .

۱- تثبیت مواد مرکزی وکاهش واکنش پذیری مواد مرکزی نسبت به محیط بیرونی (آب واکسیژن)

۲- کاهش تبخیر ویا سرعت انتقال مواد مرکزی به محیط اطراف

۳- جداسازی اجزاء فعال و نامطلوب

۴- محافظت اجزاء حساس ، جلوگیری از کاهش ارزش تغذیه ای و افزایش پایداری بعضی مواد

۵- افزایش قابلیت جابجایی مواد مرکزی که خود شامل موارد زیر می باشد:

الف ـ جلوگیری از بزرگ شدن

ب ـ شکل وحالت موادمرکزی بیش از اندازه شبیه به هم هستند ودر مخلوطی که از آنها بدست می آید سطوح مشابه موادی است که در مخلوط وجود دارند

ج ـ تبدیل حالت مایع به شکل جامد(شبه جامد)

د ـ افزایش قابلیت مخلوط شدن مواد مرکزی

ه- رقیق کردن مواد هسته ای زمانی که فقط در مقادیر زیاد استفاده می شود .

۶- کنترل آزادسازی مواد هسته ای برای دستیابی به یک وقفه مناسب تا جایی که به محرک مناسب برسد.

۷- کاهش سمیت (۱۴)

۱۲-۱- فواید میکروکپسوله کردن

میکروکپسوله کردن دارای مزایای فراوانی می باشد که در ذیل به تعدادی از آنها اشاره می شود .

میکروکپسوله کردن سبب محافظت در برابرفاکتورهای محیطی(نور ، اکسیژن ،حرارت) کاهش فراریت عطر وبو، کنترل آزادسازی، جلوگیری از واکنش های شیمیایی با سایر ترکیبات موجود در ماده غذایی، افزایش انحلال ، افزایش مدت زمان ماندگاری، پوشاندن بو و طعم های نامطلوب و..... می شود (۱۴) .

۱۳-۱- مکانیسم های کنترل آزادسازی

به طور کلی مکانیسم های کنترل آزادسازی محتویات میکروکپسول ها به ۴ دسته تقسیم می شوند که در زیر به آنها می پردازیم :

الف – نیروهای خارجی و یا داخلی : زمانی که میکروکپسول ها در معرض نیروی خارجی مثلاً فشار قرار می گیرند ، نیروی خارجی سبب پاره شدن یا افزایش نفوذ پذیری انتخابی غشاء به محتویات میکروکپسول می گردد .

ب – حرارت یا حلال : قسمت خارجی میکروکپسول تحت تأثیر حرارت یا حل شدن در حلال مناسب از بین می رود و محتویات میکروکپسول آزاد می گردد .

ج – تخریب زیستی [۱۶] : هرگاه مواد پوشش دهنده تمایل به مکانیسم های تخریبی داشته باشند ، آزادسازی محتویات میکروکپسول توسط این فرآیند عملی می شود .

د – انتشار[۱۷] : هرگاه یک ماده جامد محلول در آب توسط پوشش نامحلول در آب میکروانکپسوله شود ، محتویات میکروکپسول قابل ورود به آب از طریق انتشار می باشد (۱۴) .

۱٤-۱-کاربرد میکروکپسولاسیون در صنایع مختلف

کاربرد در صنایع پزشکی

میکرو کپسوله کردن یکی از تکنولوژیهای است که به طورکلی در صنایع پزشکی کاربردهای فراوانی دارد وآزاد سازی آنها به سه صورت انجام می شود .

---

[16]- Biodegradation

[17]- Diffusion

- ازطریق حس لامسه

- ازطریق دهان

- ازطریق استشمام

یکی از موارد رایج استفاده ازاین روش در موردآ سپرین می باشد.

آسپرین دارویی است که برای تسکین تب ، التهاب، ورم مفاصل ورقیق کردن خون موثر است ولی عارضه معمولی ناشی از آن موجب ناراحتی و خونریزی معده می شود.بنابراین این داروبیشتر دراتیل سلولز یا هیدروکسی متیل سلولز ونشاسته کپسوله میشود(قرص آسپرین بوسیله به هم فشردن مجموعه ای از میکروکپسوله به هم شکل داده میشود)که نسبت آزاد سازی همه آنها یکباره شروع می شود وسرعت انتشار آسپرین از پوشش آن به کندی وبا سرعت ثابت انجام میشود. همچنین در تجهیزات دندانپزشکی، باندها وکلسیمی که برای سفید کردن دندان مورد استفاده قرار می گیرد ،بکار برده می شود (۴) .

کاربرد درصنایع شوینده

درجایی دیگر میکروکپسولها به طور گسترده در صنایع شوینده مورد استفاده قرار می گیرد .

به طور مثال برخی از پودرهای شوینده شامل آنزیم های غیر فعال شده پروتئینی هستند همانند پروتئاز که برای از بین بردن لکه های خون استفاده می شود ، این آنزیم ها درپلیمر های محلول درآب کپسوله شده اند همانند پلی اتانول گلیکول که هدف آن مربوط به ایمنی استاتیکی و حمل ونقل دستی است.

آزاد سازی پوشش آن در ماشین لباسشویی است این آنزیم با پروتئین خون برخورد می کند که بدین وسیله موجب از بین رفتن لکه خون میشود (۱۴) .

کاربرد در صنایع چسب سازی

در این صنعت اپوکسی ها و چسب های حساس به فشار را انکپسوله میکنند که سبب افزایش قدرت چسبندگی وبهبود فرمولاسیون مناسب برای بکار بردن درصنایع دیگر می شود (۱۴) .

کاربرد درکشاورزی

برای آبهای سطحی، سوخت، علف کش ها، حشره کش ها، آفت کش ها،هیزم های نازک ،نگهداری از مزارع وچمنزارها بکار برده می شود (۱۴) .

کاربرد در صنایع اتومبیل

دراین زمینه می توان گفت که درکیسه های هوا، سیستم های تهویه مطبوع، متراکم کردن پودر فلزات ،ترکیبات رنگی، شناسایی بخش ها وقسمت ها وقفل های دنده ای استفاده می شود (۱۴) .

کاربرد در لوازم آرایشی و بهداشتی

در این زمینه فعالیت های زیادی طی سالیان گذشته انجام شده است تا نیاز های مصرف کنندگان شناخته شود . بعنوان مثال در صابون های عطری،پراکسید کلسیم، دئودورانت، عطرها ،واکس مو ،لوسیون،روغن های معدنی،شامپو،کرم و خمیردندان (۱۴) .

کاربرد در کارت های مغناطیسی و مواد حساس به نور

در کارت های رزرو، کارت های اشاره ای (نشان دار) ، پوشش های چاپ ، کارت های اعتباری بکار برده می شود. در فیبر های حساس، نشانگر های قوی اشعه UV، رنگ های منعکس کننده اشعه UV (۱۴) .

کاربرد در صنایع نساجی

در این صنعت محصولات دارای سطوح پوششی وعطر و بو می باشد که در برابر شستشو و خشک کردن مقاوم و پایدار هستند (۱۴) .

کاربرد در صنایع نظامی

در لامپهای درخشنده ، انکپسوله کردن وعمل آوری به منظور حمایت از ترکیبات حساس عوامل حرارتی وسوخت تانک ها مورد استفاده قرار می گیرد (۱۴) .

کاربرد میکروکپسوله کردن در صنایع غذایی

اخیراً باتوجه به پیشرفت های انجام شده در زمینه تکنولوژی میکروکپسولاسیون از این روش برای پوشش دهی انواع مختلف اجزاء غذایی استفاده به عمل آمده است . امروزه به دلیل دسترسی وسیع به اجزاء و افزودنی های انکپسوله شده ، امکان تولید بیشتر غذاهایی که تهیه آن از لحاظ فنی غیر ممکن به نظر می رسید ، فراهم شده است . چنین افزودنی هایی محصول فرایند انکپسولاسیون می باشند در دید کلی ، تکنولوژی انکپسولاسیون شامل پوشش دادن اجزاء غذایی ریز مانند (اسیدی کننده ها ، مواد معطر ، روغن ها و ...) و همچنین اجزاء غذایی درشت مانند (آجیل ها و کشمش ها) می باشد که این فرآیند را در مورد اول Micro encapsulation و در مورد دوم Macro Coating می نامند(۱۴،۲۸ و ۲۹) .

میکروانکپسولاسیون عبارت است از بسته بندی مواد جامد ، مایع و یا گاز در کپسولهای ریز ، به طوری که این کپسولها قادرند محتویات خود را به میزان کنترل شده و تحت شرایط ویژه آزاد نمایند . این کپسولهای ریز را میکروکپسول نامیده و اندازه آنها می تواند از چند دهم میکرون تا چند میلیمتر متفاوت باشد که اغلب کروی شکل هستند که قسمت فعال مرکزی را Core material و قسمت خارجی پوشش دهنده را Wall material می نامند که اندازه آن بستگی به ضخامت و تعداد لایه ها دارد . هدف از به کار گیری تکنولوژی میکروانکپسولاسیون در صنایع غذایی عبارت از تثبیت Core material ، کنترل آزادسازی آن (درجه و زمان آزادسازی) و جداسازی اجزاء فعال و نامطلوب از فرمولاسیون می باشد و با استفاده از این تکنولوژی ، تولیدکنندگان مواد غذایی قادرند اجزاء حساس مواد غذایی را محافظت کرده و افت ارزش تغذیه ای جلوگیری نموده و مایعات را به شکل جامد در آورند . در ضمن مواد مختلفی مانند آنزیم ها ، مواد معطره ، روغن ها ، آنتی اکسیدان ها ، مواد ضد میکروبی، مواد نگهدارنده و سایر مواد مغذی را پوشش دهند(۴ و ۱۴) .

۱۵-۱- روشهای فرآیند میکروکپسولاسیون

فرآیند انکپسوله کردن مواد حساس شامل دو مرحله می باشد (۴) :

اولین مرحله اغلب شامل امولسیونی کردن مواد هسته ای است همانند چربیها وعطرها ، همراه با مواد دیواره ای همانند پلی ساکاریدها یا پروتئین ها، مرحله بعد شامل خشک کردن ویا خشک کردن امولسیون است.

انکپسوله کردن به منظور باقی ماندن مواد حساس در مدت نگهداری مواد غذایی، محافظت در برابر واکنش های نامطلوب،کاهش واکنش های داخلی ویاتداخل دو طعم با همدیگر ،محافظت در برابرواکنش های محرک نوری ویا اکسیداسیون، افزایش مدت زمان ماندگاری ،وتوانایی برای آزاد سازی بکار گرفته می شود.

۱۶-۱- روش تکنولوژی کوآسرواسیون [۱۸]

یکی از مهمترین فرآیندهای تولید میکروکپسول ، توده ای شدن [۱۹] است .

دراین روش روکش دادن یک محلول کلوئیدی ازیک پلیمر هیدروفیل که دارای خاصیت روکش دهندگی است مورداستفاده قرارمی گیرد.ماده روکش شونده جامدیامایع است. درصورت مایع بودن امولسیون روغن درآب تشکیل می شودکه ماده روکش شونده فازپراکنده و محلول کلوئیدی فاز پیوسته هستند. وهنگامی که مواد جامد باشند سوسپانسیونی ازذرات جامد درمحلول های کلوئیدی تهیه می شود. درهردومورد به کمک روش های مناسب جدایی فازهاانجام می گیرد. به گونه ای که توده جداشده ازکلوئید هیدروفیل دراطراف ذرات پراکنده به وجودآید که این مرحله می تواندبه دو صورت ساده یاکمپلکس انجام پذیرد .

این روش به طورکلی شامل پدیده کلوئید شدن است . اگردرابتدا با انحلال کلوئید درحلال مناسب آغازشود درمرحله بعد برطبق آنچه درطبیعت کلوئید است تغییر به وجود می آیدکه سبب کاهش قابلیت انحلال درکلوئید حاصل می شود می توان آنها را در فاز جدیدی جداکرد.فاز اصلی که یکی بود به دوفازتبدیل می- شودکه یکی ازآنها غنی ازکلوئید است ودیگری غلظت کلوئیدآن خیلی کم است. فازغنی ازکلوئیدبه حالت پراکنده به نظرمی رسد . به محض اینکه حالت کوآگوله شده به لایه حاوی مایع غنی ازکلوئید ی که هموژن وشفاف است

[18]- Coacervation
[19]- Coacervation

تبدیل شد لایه متراکم شده ای که ظاهرشده است را می توان ته نشین کرد.که برای دیواره کپسول استفاده می شود. کوآسرواسیون می تواندباراههای مختلفی ایجادشود همانند تغییرpH یاافزودن ماده دومی همانندمحلول های نمکی یونی آبی یامحلول های نمکی نامحلول که کنستانتره شده اند.

میکرو کپسوله کردن به روش کوآسرواسیون به دو صورت انجام میشود (۴) .

۱- کوآسرواسیون ساده[۲۰]

۲- کوآسرواسیون ترکیبی [۲۱]

کوآسرواسیون ساده

توده ای شدن ساده شامل استفاده از یک پلیمر قابل حل در آب یا یک محیط آبی غیر حلال برای ژلاتین می باشد که باعث حذف آب و غیر قابل حل شدن جزیی مولکولهای ژلاتین در دمایی بالاتر از دمای ژله ای شدن ژلاتین می شود . این نتایج در شرایط بهینه و در حالتی صورت می گیرد که فاز مایع غنی از ژلاتین با فاز مایع فقیر از ژلاتین در حال تعادل باشد . این روش می تواند توسط مخلوط کردن دو فاز کلوئیدی صورت گیرد . ۱- پخش ژلاتین در محیط آبی در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد ۲- افزودن ماده هسته به محلول فوق در حالیکه عمل هموژنیزاسیون صورت گیرد ۳- افزودن محلول سولفات سدیم یا اتانول ۴- استفاده از یک ماده سخت کننده برای سخت کردن و غیر قابل حل کردن میکروکپسولها ۵- تنظیم pH ۶- شستشوی میکروکپسولها ، خشک کردن و جداسازی آنها .این روش زمانی استفاده می شودکه فاز پیوسته حاوی ماده کلوئیدی هیدروفیل بوده وباافزایش حلال یاخارج کردن نمک ، غشا توده ای شکل[۲۲] ایجادمی شودکه این عوامل سبب دهیدراسیون محلول کلوئیدی هیدروفیل می شود.ژلاتین ازجمله موادی است که دراین روش استفاده می شود. کوآسرواسیون ساده شامل استفاده ازیک پلیمرثانویه باقابلیت انحلال زیاد درآب یااستفاده ازیک ضدحلال قابل حل درآب می باشد.این مواد دردمایی بالاترازنقطه ژلی شدن ازمولکول های ژلاتین بطورجزئی آبگیری می

[20]- Simple Coacervation
[21]- Complex Coacervation
[22]- Coacervate

کنندوذراتی تولید می شودکه غیرقابل انحلال است. این مسئله باعث جداسازی فازمایع غنی ازژلاتین ازمایعی که کم ژلاتین است می شودکه تحت شرایط مطلوب جداسازی این فازمی تواندتقریباً عاری ازژلاتین باشد (۴) .

کوآسرواسیون ساده می تواندازاختلاط دودیسپرسیون کلوئیدی که یا یکی ازآنها میل ترکیبی بالایی باآب داردویا این میل ترکیبی با افزودن یک ماده هیدروفیلیک قوی مانندالکل وسولفات سدیم ایجاد می شود، فراهم شود.پلیمرمحلول درآب بوسیله عمل اختلاط با آب کنستانتره می شودویامحلولهایی که برای ایجادفازپلیمری ژلاتینی است موادی مانند:اتانول، استون ، ایزوپروپانول وپروپانول استفاده می شود. جداسازی فازتوده ژلاتین می تواندبوسیله افزودن نمک غیرآلی به محلول آبی پلیمرهمانند ژلاتین، پلی وینیل الکل یاکربوکسی متیل سلولزاستفاده کرد (۴)

کوآسرواسیون ترکیبی

این روش می تواند درسیستم هایی که شامل کلوئیدهای هیدروفیلیک که بارهای مخالف دارند فراهم شود.به طورکلی خنثی سازی بارهای مثبت یکی ازکلوئیدهابه وسیله بارهای منفی دیگری به منظورجداسازی فازتوده ای شکل کمپلکس غنی ازپلیمرانجام می شود (۴) .

توده ای شدن ترکیبی به این صورت می باشد که بارهای مثبت یک کلوئید توسط بارهای منفی بخش دیگر ، باعث به وجود آمدن جدایش فاز غنی از پلیمر می شود .این روش فقط در pH های کمتر از pH ایزوالکتریک ژلاتین معتبر است . در این pH ها ژلاتین دارای بار مثبت و صمغ عربی دارای بار منفی است روش کار به این صورت است : ماده هسته در محلول ژلاتین یا صمغ عربی پخش می شود . دمای سیستم باید بالای ۳۵ درجه سانتیگراد باشد و pH سیستم باید بین ۴/۵ – ۳/۸ تنظیم می شود و در طول فرآیند باید عمل اختلاط همواره صورت پذیرد . سپس دمای سیستم را به زیر ۵۰ درجه سانتیگراد رسانده و در این شرایط دیواره کپسول به فرم نامحلول در می آید . سپس از یک ماده سخت کننده نظیر گلوتار آلدئید برای سخت کردن دیواره میکروکپسولها استفاده کرده و pH را برای پایدارتر کردن میکروکپسولها تنظیم می کنیم . پس از شستشوی میکروکپسولها خشک کردن و جداسازی آنها انجام می شود(۴) .

سیستمی که بیشتردرکوآسرواسیون ترکیبی موردبررسی قرارمی گیرد سیستم ژلاتین- صمغ عربی است. مطالعه در مورد تقابل های بین پروتئینها و پلی ساکاریدها به برخی از سیستمهای بیولوژیکی مربوط می شود . در واقع نتیجه حاصل از تقابل الکترواستاتیکی میان دو پلی الکترولیت حاوی دو بار ضعیف یا قوی تشکیل کمپلکس می دهد ، بنابراین آزادسازی یونهای مخالف و مولکولهای آب باعث افزایش آنتروپی در سیستم می شود ، این کمپلکسهای حاصل شده از پیوندهای الکترواستاتیکی می توانند محلول و یا نامحلول باشند . کمپلکسهای نامحلول در قطرات ، توده ای شده و این قطرات باعث جدایش فازی مخلوط و تبدیل آن به دو لایه مایع می شود . در نتیجه این امر یک فاز حاوی دو پلیمر می شود و فاز دیگر فقط حاوی حلال می باشد . (۲) .

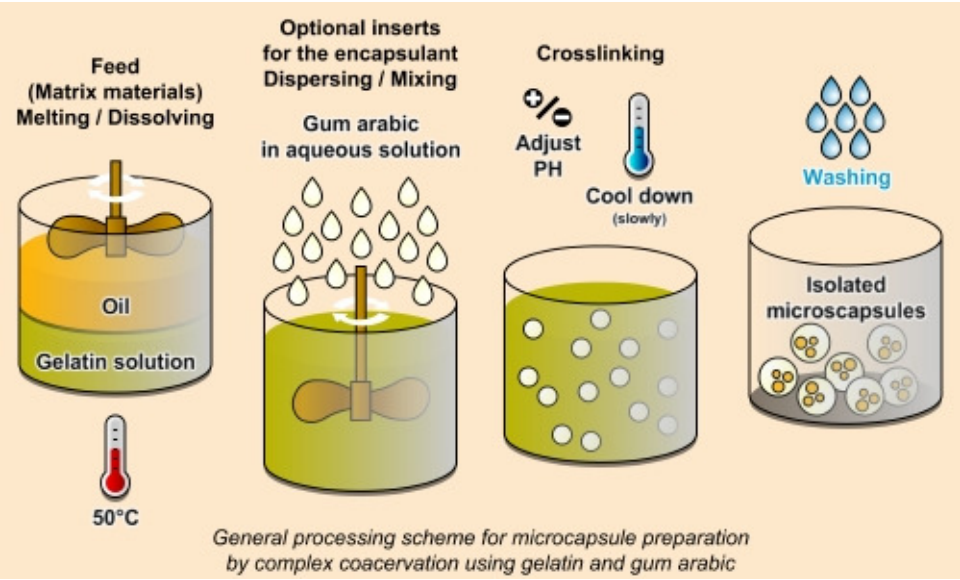
کوآسرواسیون ترکیبی تنهادرpH زیرنقطه ایزوالکتریک ژلاتین امکان پذیر است چرا که در این مقدار pH ژلاتین دارای بارمثبت است ولی صمغ عربی همواره دارای بارمنفی است (۴ و ۲۸) .

تشکیل کپسول دراین روش مطابق شکل به ۳مرحله تقسیم می شود.

۱- پراکنده کردن جزء فعال داخل محلول آبی یک پلی الکترولیت

۲- رسوب دهی دورماده مرکزی ازطریق توده تشکیل شده به وسیله افزودن یک محلول آبی بایک الکترولیت ثانویه بابارمخالف

۳- ژله ای شدن توده (۴) .



شکل ۱-۱ . شمایی از میکروکپسوله کردن به روش Complexcoacervation

دراین روش پس ازتشکیل کپسول معمولاً لازم است تادیواره های تشکیل شده توسط عملیات حرارتی یاشبکه ای کردن به صورت جامدوغیرقابل حل درفازآبی درآیند.برای شبکه ای کردن دیواره ازموادی مانندفرم آلدئید[۲۳] وگلوتارآلدئید[۲۴] استفاده می شود(۴) .

کنترل اندازه ذرات دراین روش مشکل بوده ومعمولاً ذرات محدوده ای ازاندازه های مختلف رادربرمی- گیرد.به همین منظوربه دو صورت انجام می شود.

۱- بدون تنظیم pH به وسیله رقیق کردن

۲- باتنظیم pH

۱- روش توده ای شدن ترکیبی بدون تنظیم pH

دراین روش اساس کاربررقیق کردن سیستم می باشد. به اینصورت که محلول های غلیظی (حدود۱۲-۱۰٪) ازژلاتین وصمغ عربی بصورت جداگانه تهیه می گردد. مخلوط ماده فعال ویک حلال مناسب نیزمعمولاً به نسبت ۴۰٪ماده فعال و۶۰٪حلال تهیه می گرددواین مخلوط به صمغ عربی اضافه می گردد. محلول صمغ عربی دارای بارمنفی بوده ویون های منفی تشکیل می دهد.درمرحله بعدی محلول ژلاتین که نقطه ایزوالکتریک ۸ داردبااموسیون فوق مخلوط می گردد. سپس درصورتی که ذرات بین ۱ تا ۷۰ میکرومترموردنظرباشد.مقداری آب توسط اسپری یا به صورت قطره قطره به محلول اضافه می شود.دراین مرحله توده ای شدن اتفاق می افتد.کلیه مراحل فوق دردمای ۴۰°c انجام می شود. درمرحله بعدمقداری آب صفردرجه به مخلوط اضافه می شودوبه محلول اجازه داده می شودتابه مدت یک ساعت دردمای کمترازc °۲۵ بهم زده شود. دراین مرحله تشکیل کپسول کامل می گردد. کپسول هاپس ازجداسازی می- توانند بصورت سوسپانسیون حاوی کپسول یابصورت کپسول های خشک شده مورداستفاده قرارگیرند.

درصورت نیازمی توان به وسیله موادسخت کننده دیواره کپسول رادربرابرحرارت مقاوم کرده وبصورت غیرقابل حل درآب درآورد. برای این منظورلازم است pH محلول به وسیله محلول هیدروکسیدسدیم بین ۱۱-۹ تنظیم

[23]- Formaldehyde

[24]- Glutaraldehyde

شده سپس مقداری فرم آلدئید (یایک ماده سخت کننده دیگر) اضافه شود ومحلول دردمایی کمتراز ^{o}c ۵-۳ به مدت ۲۲-۲۰ ساعت به هم زده شود (۴) .

درنهایت محصول بدست آمده ازمحلول جداشده شسته می شود ودرصورت نیازدرحرارتی کمترازنقطه ذوب مخلوط پلیمردیواره خشک می گردد.

۲- روش توده ای شدن ترکیبی با تنظیم pH

دراین روش ابتدامحلول هایی ازژلاتین وصمغ عربی بادرصدهای وزنی که درروش قبل گفته شد تهیه می-گردد. مخلوط ماده فعال وحلال نیز به نسبت حدود ۴۰٪ماده فعال و۶۰٪حلال تهیه می گرددومطابق روش قبل ابتدامخلوط ماده فعال وحلال به محلول صمغ عربی اضافه شده وسپس محلول ژلاتین به مخلوط فوق اضافه می شود. درمرحله بعددرصورتی که ازفرآیند رقیق کردن استفاده شوداین عمل بایدبه صورت آهسته ویکنواخت انجام گیرد. تاازتوده ای شدن موادکلوئیدی اطراف قطره های ماده فعال اطمینان حاصل شود. برای جلوگیری ازاین نوع رقیق کردن دراین روش ابتدا pHروی۵تنظیم می شود که دراینpH توده ای شدن موادکلوئیدی باافزودن آب ممکن نمی باشد. سپس به مقدارلازم آب اضافه می شودوpH به آرامی به حدود۴/۵-۴/۴ بازگردانده می شود.

کاهشpH توسط محلول اسیداستیک انجام می گیرد. مقدارآب اضافه شده نیزبستگی به اندازه ذرات موردنظردارد. درکلیه مراحل درجه حرارت ^{o}c۴۰می باشد ودرطول فرآیند محلول بهم زده می شود. برای سخت کردن کپسول ها مطابق روش قبل محلول فرم آلدئید درآب اضافه می شود ومحلول دردمای ^{o}c۴۰ بهم زده می شود پس ازاینکه دیواره کپسول هاحالت ژلی پیداکردند برای تکمیل عمل سخت شدن کپسول هاpH محلول توسط محلول هیدروکسیدسدیم روی ۹تنظیم گشته ومحلول به سرعت تا زیر ^{o}c۵ سردمی- شودودراین دماو pH به مدت ۲۲-۲۰ ساعت به هم زده می شود. درنهایت کپسول هاجداسازی ودرصورت نیازخشک می شوند(۴) .

۱۷-۱- محدودیت های مهم میکروانکپسولاسیون

در اغلب موارد می توان از بین ذرات انکپسوله شده با روش های مختلف ، یک میکروکپسول مناسب برای یک محصول غذایی خاص انتخاب کرد ولی در بعضی موارد متناسب بودن میکروکپسول با محصول بایستی مشخص شود که به این مسئله از دو طریق می توان دست یافت : ۱) از طریق مصرف کنندگان محصولات حاوی میکروکپسول ۲) از طریق تهیه کنندگان میکروکپسول (۱۴) .

به طور کلی بایستی در بررسی خواص و ویژگیهای مطلوب میکروانکپسولاسیون هدف از انجام فرآیند را مدنظر داشته باشیم . پس از روشن شدن هدف میکروانکپسولاسیون بایستی خواصی که در میکروکپسول ها با توجه به موارد کاربردشان قابل تغییر هستند را با توجه به هدف میکروانکپسولاسیون تغییر داد . این عوامل شامل ترکیب ، مکانیسم آزادسازی ، اندازه ذرات ، شکل فیزیکی نهایی و هزینه تهیه آنها می باشد (۱۴ و ۴) .

در سال ۱۹۹۷ طی آزمایشی بطور نرمال از بین افراد ۶۰-۳۵ ساله گروهی را انتخاب و در طی دو دوره آنها را با غذاهای غنی شده از EPA و DHA تغذیه کردند . سپس LDL و HDL خون آنها اندازه گیری شد بطور قابل ملاحظه ای سطح بالای EPA و DHA مشاهده شد و میزان کلسترول خون این افراد کاهش یافته بود. بنابراین تولید غذاهای غنی شده این امکان را برای افزایش جذب اسیدهای چرب غیراشباع فراهم می سازد(۲۱).

همچنین در سال ۲۰۰۷ نیز جمعی از دانشمندان کاهش در تری گلیسرید خون را از طریق مصرف تخم مرغ هایی که از مکمل های روغن ماهی برای تغذیه مرغ ها استفاده شده بود ، مشاهده کردند. بدین ترتیب که خوراک مرغ ها با ۵٪ روغن ماهی تون تکمیل شد در طول ۳ هفته مصرف غذاهای غنی شده ۱۸-۱۶٪ کاهش در تری گلیسرید سرم خون ۲۵ بیمار را نشان داد . تخم مرغ های غنی شده ، ۹ برابر اسیدهای چرب غیر اشباع(بخصوص DHA) بیشتری نسبت به تخم مرغ های معمولی داشتند (۲۴ و ۱۹).

همچنین در سال ۲۰۰۷ نیز به دنبال یک آزمایش ، مشاهده شد که خوراندن خوراک غنی از اسیدهای چرب امگا-۳ گوشت گوساله به خرگوش ها ، علاوه بر افزایش میزان امگا-۳ آنها در قلب و جگر سطح کلسترول سرم خون آنها را نیز کاهش می دهد (۴۲ و ۴۱) .

در این مطالعه یک رژیم غذایی حاوی ۱۰٪ دانه کتان که دارای مقادیر زیادی از آلفالینولنیک اسید است در مدت ۵ هفته داده شد و اسیدهای چرب موجود در بافت ماهیچه ای آنها با اسیدهای چرب موجود در بافت ماهیچه ای گاوهایی که با رژیم ذرت تغذیه شده بودند مقایسه شد (۵ و ۴۲) .

یک افزایش قابل توجه در مقدار DHA در جگر خرگوش هایی که با گوشت گاوها و گوساله هایی که خوراک آنها دانه های بذرک یا کتان بود ، مشاهده شد . سطح کلسترول در خرگوش هایی که خوراک آنها گوشت گاو یا گوساله ای بود که خوراک آنها دانه های بزرک بود کاهش یافته بود . که این می تواند یک مزیت مهم برای سلامتی مصرف کننده باشد (۴۱ و ۴۲).

DHA بطور کلی در بالاترین غلظت در مغز و اسپرم است . DHA بطور بحرانی برای رشد نرمال مغز در نوزادان لازم است مقدار DHA در رژیم غذایی بین ۲۰۰-۱۰۰ میلی گرم در روز است . در بعضی از مکمل ها نسبت EPA به DHA به نسبت ۲ به ۱ است (۱۸ و ۲۵) .

دراین مورد مطالعاتی درباره اثرات تغذیه ای مصرف شیر غنی شده با اسیدهای چرب غیر اشباع امگا-۳ ، اولئیک اسید، ویتامین E و B6 و فولیک اسید روی فاکتورهای ریسک بیماریهای کاردیووسکولار بر روی داوطلبان با فشار خون بالا انجام شده است اگر چه مکانیزم دقیق اثر حمایتی اسیدهای چرب هنوز مشخص نشده است ولی آنها میتوانند اثرات غیرالتهابی، جلوگیری از تصلب شرائین داشته باشد(۱۸).

این تحقیقات در مورد گروه که قبلاً دچار انفارکتوس میوکاردیال شده بودند (MI) انجام گرفت: گروه اول با ml/day ۵۰۰ از محصولات غنی شده حاوی EPA و DHA، اولئیک اسید، فولیک اسید و ویتامین A ، B_6 ، D، E تغذیه شدند. گروه دوم با شیر نیمه چرب حاوی ویتامین A و D تغذیه شدند. نتایج این تحقیقات حاکی است که میزان غلظت اسیدهای چرب EPA و DHA ، اولئیک اسید، فولیک اسید و ویتامین B_6 و ویتامین E بعد از مصرف شیر غنی شده با این محصول (روغن Omega-3) بعد از ۳ ، ۶ ، ۹ و ۱۲ ماه بعد از مصرف اندازه گیری گردید و افزایش مواد اضافه شده به شیر (موارد بالا) در پلاسمای خون استخراج شده گزارش گردید ولی میزان کلسترول LDL ، با حساسیت بالا در خون کاهش یافت و کل هموسیستئین پلاسما کاهش یافت و بدین ترتیب با تمرینات روزانه منظم و دریافت ترکیبی از مواد غذایی ذکر شده ، فاکتورهای خطر مختلف در بیماران کاهش یافت(۱۵ و ۱۸).

همچنین در تحقیق و مطالعات اپیدیومیولوژیک و کلینیکی دیگری که انجام گردید مشخص شد که با مصرف شیر غنی شده با اسیدهای چرب غیر اشباع امگا-۳ میزان غلظت پلاسما در مورد تری گلیسرول ۲۴٪ و کل کلسترول ۹٪ و کلسترول LDL تا ۱۳٪ کاهش یافت. همچنین اکسیداسیون لیپوپروتئین با دانسیته کم و غلظت ویتامین E در طی مطالعات تغییری نیافت. در ضمن کاهش قابل ملاحظه ای در غلظت پلاسما تا ۹٪ و هموسیتسئین تا ۱۷٪ بدست آمد . افزایش ۹۸٪ در غلظت فولیک اسید پلاسما هم در طی مطالعات بدست آمد(۱۸).

در سال ۲۰۰۴ گروهی از دانشمندان پایداری روغن ماهی را با میکروانکپسوله[۲۵] کردن با سلولز اصلاح شده بررسی کردند. غنی سازی غذا با روغن ماهی یکی از راههای افزایش امگا-۳ در رژیم غذایی است . مسئله مهم در غنی سازی غذا با امگا-۳ طعم نامطلوب روغن ماهی است که اثر منفی روی پذیرش و دریافت غذا دارد . مواد پوشاننده ای برای میکروانکپسوله کردن روغن ماهی استفاده می شود مانند ژلاتین ، مالتودکسترین ، نشاسته و غیره . وجود کربوهیدراتها در مواد دیواره ای ، بازده و راندمان میکروانکپسلیشن را بهبود میبخشد (۵۷) .

همچنین موادی مانند سلولزهای اصلاح شده ، متیل سلولز MC[۲۶] و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز[۲۷] HPMC ، نمونه را در مقابل عوامل محیط زیستی مانند نور ، اکسیژن و رطوبت محافظت می کند ، بدین وسیله پایداری روغن ماهی بوسیله میکروانکپسولیشن حفظ می شود . در این صورت مدت زمان ماندگاری آن نیز از ۲۴-۱۲ ماه متغیر است به شرط آن که در جای خنک و دور از نور و اکسیژن نگهداری شود (۵۷).

امولسیون روغن شامل g/kg ۹۲-۷۷ بود با استفاده از آب دی یونیزه ، MC یا HPMC ،مالتودکسترین و لستین آماده شدند بدین طریق که ابتدا مالتودکسترین در آب سرد حل می شود و بعد MC و HPMC اضافه شده و با همزن مغناطیسی با ۲۰۰ دور در دقیقه هم زده می شود مواد با هم مخلوط شده و در حمام آب یخ ۵ درجه سانتیگراد سرد می شوند و تحت شرایط همزدن تا ۳۰ دقیقه روغن ماهی اضافه می شود که امولسیون ناهمگنی تشکیل می شود که در حمام آب یخ با استفاده از هموژنایزر با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه برای مدت ۵ دقیقه

[25] -Micro Encapsulation
[26] -Methylcellulose
[27] -Hydroxypropyl methylcellulose

هموژن می شود . به رغم وجود حمام آب یخ ، درجه حرارت امولسیون گاهی ممکن است تا ۲۰ درجه سانتیگراد افزایش پیدا می کند اما به سرعت تا ۵ درجه سانتیگراد خنک می شود (۵۷) .

از یک نازل atomizer با قطر ۵۰۰ میکرومتر برای خشک کردن استفاده شد . دمای ورودی ۱۶۰ و دمای خروجی ۶۰ درجه سانتیگراد درنظر گرفته شد . امولسیون به داخل خشک کن پاششی ریخته شد با نرخ جریان g/min ۳۰ و فشار ورودی خشک کن هم kpa ۳۵۰ بود که بدین وسیله پودر ها آماده و در شیشه مخصوصی جمع آوری شدند و سپس تا ۵ درجه سانتیگراد خنک شده و در یک کیسه پلاستیکی تحت نیتروژن ریخته شده و در درجه حرارت ۵ درجه سانتیگراد دور از نور نگهداری شدند . و به شکل جدول زیر مواد تشکیل دهنده و فرمولاسیون تهیه میکروکپسولیشن را ارائه نمودند (۵۷) .

جدول ۲-۱ . فرمولاسیون تهیه میکروکپسول روغن ماهی با استفاده از خشک کن پاششی(۵۷)

مواد تشکیل دهنده	A	B
هیدروکسی پروپیل متیل سلولزg	۳۰	۰
متیل سلولز g	۰	۳۰
مالتودکسترین g	۱۵	۱۵
لستین g	۰/۷۵	۰/۷۵
روغن ماهیg	۳۰	۳۰
آب دی یونیزه شده g	۱۰۰۰	۱۰۰۰
کل مواد جامد در تهیه امولسیونg	۷۵/۷۵	۷۵/۷۵
مقدار روغن ماهی براساس ماده خشک g/kg	۳۹۶/۰۴	۳۹۶/۰۴
نسبت مواد دیواره ای به روغن ماهی	۱/۵ :۱	۱/۵ :۱

در تمام طول مدت تهیه امولسیونها دیده شد که دو ماده MC و HPMC در آب سرد نسبت به آب گرم بیشتر حل می شوند . همچنین این دو ماده خواص امولسیفایری خوبی از خود نشان دادند .تحقیقات آنها نشان داد که اندازه ذرات امولسیون در نمونه های g/kg fish oil ۴۰۰ از ۴۰-۱۰ میکرومتر و در نمونه های با مقدار بیشتری روغن ماهی بالاتر از ۱۰۰۰میکرومتر بود که این امولسیونها بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در ۵ درجه سانتیگراد پایدار و هموژن شدند .

نکته قابل توجه در این بررسی این بود که آنها متوجه شدند که در هنگام هموژن کردن و مخلوط کردن HPMC مقدار زیادی هوا به دام می افتد که تولید کف می کند اما در نمونه های MC امولسیونها بعد از هموژناسیون بدون تشکیل کف ظاهر می شوند (۵۷).

روش استخراج روغن ماهی نیز به روش شیمیایی و استفاده از حلال شیمیایی هگزان بود . مقدار روغن استخراج شده در این روش g/kg ۴۰۰ بود . (۵۷).

در مقاله دیگری یک روش آنالیز اسیدهای چرب توسط Kang&Wang ارائه شده است که در آن نمونه ها با هگزان به نسبت ۱:۱۰۰ مخلوط می شوند و با ۱ میلی لیتر هگزان و ۷۰۰ میکرولیتر از متانول و تری فلوئورید بور در شرایط تحت نیتروژن مخلوط متیله ۱ ساعت در ۱۰۰ درجه سانتیگراد تهیه شده سپس در درجه حرارت اتاق خنک می شود و یک میلی لیتر آب به آن اضافه میگردد در این صورت اسیدهای چرب متیل استراز در فاز هگزان استخراج می شوند و برای مدت ۱ دقیقه سانتریفوژ می شوند ، لایه هگزان حذف می شود و تحت نیتروژن خشک می شود (۵۱ و ۳۵) .

از میان چندین روش بررسی شده برای تغلیظ روغن ماهی ، روش کمپلکس اوره در سال ۱۹۸۸ توسط Ratnayake انجام گرفت که نتایج مطلوبی را به همراه داشت . در این روش از دستگاههای ساده و ارزان قیمت استفاده شد و به جز اتانول نیاز به حلال دیگری نداشت . در این روش کمپلکس اوره با اسیدهای چرب زنجیره کوتاه به سهولت انجام می گیرد . او همچنین گزارش کرد که ماکزیمم راندمان کمپلکس اوره زمانی است که نسبت اوره به اسیدهای چرب در حدود ۳ به ۱ باشد . (۴۷ و ۳۲)

در جدول زیر خلاصه ای از روشها و مواد استفاده شده برای کپسوله کردن روغن ماهی که در طی سالهای مختلف توسط تعدادی از دانشمندان انجام شده است جمع آوری گردیده است . (۵۷).

جدول ۳-۱ . مقایسه روشهای مختلف تهیه میکروکپسول روغن ماهی(۵۷)

مقدار روغن ماهیg/kg	روشهای میکروانکپسولیشن	مواد دیواره ای (پوشاننده)	نویسندگان	سال
۲۰	خشک کن پاششی	پروتئین آب پنیر و مالتو دکسترین	Neil&Younger	۱۹۹۸
۳۰	خشک کن انجمادی	لاکتوز و سدیم کازئینات	Marquez	۱۹۹۹
۳۰	خشک کن انجمادی	سدیم کازئینات و مالتودکسترین	Heinzelman	۲۰۰۰
۲۰	خشک کن پاششی	ژلاتین و صمغ عربی	Lamprechet	۲۰۰۱
۳۰	خشک کن پاششی	پودر شیر بی چربی	Keogh	۲۰۰۱
۲۵-۳۰	خشک کن پاششی	نشاسته و ژلاتین و ساکارز	Roche,Merck	مختلف

بررسی Heinzelman در سال ۲۰۰۰ نشان داد که یک پایداری اکسیداسیونی قابل قبولی در میکروانکپسولیشنی که با استفاده از روش خشک کن انجمادی[۲۸] انجام می شود می تواند بدست آید (۳۳)، اما در صورتیکه دانشمند دیگری به نام Marquez-Ruiz در سال ۱۹۹۹ نشان داده بود که به طور قابل ملاحظه ای اکسیداسیون در روغن میکروکپسوله شده با روش انجمادی حتی در مقایسه با روغن بدون پوشش سریعتر اتفاق می افتد (۵۷ و ۵۸) .

این موضوع تعجب آور بود چرا که یکی از اهداف میکروانکپسولیشن حفاظت در برابر اکسیداسیون است اما او نشان داده بود که Freeze-drying در محصول تخلخل هایی مانند اسفنج ایجاد می کند که اجازه می دهد تا اکسیژن به ترکیبات روغن سریعتر و راحت تر دست یابد (۵۸ و ۵۷) .

سپس در سال ۲۰۰۱ Keogh نشان داد که میکروانکپسولیشن ها با ناپایداری اکسیداسیونی و یا با پایداری ضعیف اکسیداسیونی را می توان با روش خشک کن پاششی[۲۹] ساخت که همچنین در مطالعات امروزی نیز تأیید می شود(۵۷) .

مهمترین نتیجه حاصل از این آزمایشات این بود که برای میکروانکپسوله کردن روغن ماهی، MC ماده پوشاننده بهتری نسبت به HPMC می باشد زیرا کمتر هوا را جذب می کند و در نتیجه کمتر تولید کف می کند و قطر ذرات امولسیونی حاصل از آن هم کوچکتر است . پس این مطالعه نشان داد که استفاده از سلولزهای اصلاح شده بخصوص MC بعنوان یک ماده پوشش دهنده خوبی برای تهیه میکروکپسولهای Spray-dry شده روغن ماهی است (۵۷) .

[28] -Freeze-drying
[29] -Spray-drying

K-Heinzelman درمقاله دیگری در سال ۲۰۰۰ در روش آزمایشگاهی فرایند میکروانکپسوله کردن را باجزئیات و پارامترهای فرمولاسیون زیر ارائه داد . فرآیند ، با روغن ماهی بدون وجود آنتی اکسیدان ، لاکتوز ، مالتو دکسترین بعنوان کربوهیدرات ، شرایط هموژناسیون با فشارهای ۴۰۰-۱۰۰ بار ، شرایط خشک کردن انجمادی و با سه نرخ مختلف جریان (کم، متوسط وزیاد) انجام شد (۳۳) .

آنتی اکسیدان های مورد استفاده می تواند شامل اسید اسکوربیک ، لستین و توکوفرول باشد .

موارد استفاده شده برای میکروانکپسوله کردن نیز می تواند کازئینات ، لاکتوز و مالتودکسترین هم باشد .

فرمولاسیون شامل ۱۰٪ روغن ماهی ، ۱۰٪ سدیم کازئینات ، ۱۰٪ کربوهیدرات و ۷۰٪ آب بود در ابتدا آب و کازئینات سدیم مخلوط شدند سپس کربوهیدرات اضافه گردید و پس از حل شدن روغن ماهی به عنوان آخرین جزء اضافه گردید . درجه حرارت بین ۱۰-۵ درجه سانتیگراد بود تا از آسیب دمایی جلوگیری گردد. هموژناسیون با یک تکنیک فشار بالا از ۴۰۰-۱۰۰ بار انجام شد که امولسیونی با اندازه های مختلف روغن میدهد این اندازه ذرات بدست آمده امولسیونی بین ۶-۳ میلیمتر است . ۵۰ میلی لیتر از این امولسیون به داخل ظرفهای مخصوصی ریخته شد و داخل اتاقک انجماد قرار گرفت (۳۳) .

در این آزمایش ظرفیت ۲ کیلوگرم به ازای هر batch بود .زمان موردنیاز جهت تهیه امولسیون های یخی ۴۸-۳۶ ساعت بود .

قبل از شروع فرآیند خشک کردن تخلیه هوای اتاق و هوا دهی با نیتروژن نیز انجام گرفت . استفاده از مالتودکسترین به جای لاکتوز ، اضافه کردن آنتی اکسیدان ، درجه حرارت اولیه پائین زمان ماندگاری محصول را بهبود بخشید. از طرف دیگر سرعت انجمادی پائین ، اندازه بزرگتر ذرات و شدت کم هموژناسیون ، میزان پراکسید میکروکپسول روغن ماهی را افزایش داده و زمان ماندگاری را کاهش داد .

در این روش انجمادی یک حفره هایی در فرآیند میکروانکپسولیشن ایجاد میگردد که ارتباط بین روغن ماهی و اکسیژن را برقرار کرده و باعث ایجاد اکسیداسیون می شود (۳۳) .

به همین ترتیب با اصلاح شرایط نگهداری ، انتخاب کربوهیدرات مناسب و آزمایش با روشهای مختلف خشک کردن ، راندمان انکپسوله کردن با توجه به پایدار شدن بهتر در مقابل اکسیداسیون اپتیمایز میگردد.

درمقاله دیگری در سال ۲۰۰۷ توسط Klaypradit&Wen Huang انکپسوله کردن روغن ماهی با کایتوسان[۳۰] بررسی شد (۵۶).

کایتوسان ، کیتین دی استیله شده است و یک بیوپلیمر پلی کاتیونی است که از فرایندهای ضایعات پوسته ماهی بدست می اید ، غیر سمی است ، اکتیویته ضد باکتریایی و ضد قارچی دارد بنابراین پتانسیل خوبی جهت نگهداری مواد غذایی دارد. کایتوسان پلی ساکارید منحصر به فردی است که مناطق هیدروفیلیک آن در گلوکوز آمین غنی است و مناطق هیدروفوبیک آن در N-acethyl-glucosamine غنی است .

در این آزمایش تهیه امولسیون با مواد پوشاننده ای مانند کایتوسان (CS) ، مالتودکسترین(MD) ، و پروتئین پنیر (WPI) و روغن ماهی تون اپتیمایز گردید (۵۷) .

اندازه و پایداری امولسیون و خصوصیات پودرهای انکپسوله شده بعد از انجماد اندازه گیری شد مقدار روغن ۲۰ g به ازای هر ۱۰۰ g روغن ماهی تون بود .

اپتی موم نسبت به ترتیب CS به MD و CS به WPI ۱:۱۰ و ۱:۱ بود . ترکیب CS و MD کوچکترین اندازه ذرات و بالاترین پایداری امولسیونی را دارد .

EPA و DHA انکپسوله شده بدین ترتیب خصوصیات تجاری بالاتری دارند . رطوبت و فعالیت آبی کمتر ، ظاهر و راندمان قابل قبول تری نیز دارند .

در این مطالعه پایداری روغن ماهی تون با استفاده از تکنولوژی مافوق صوت بررسی میگردد. بدین روش که متیل استراز روغن ماهی تون به وسیله روش AOAC ۹۹۱/۳۹ تهیه می شود و سپس با روش GC آنالیز می گردد . اپتیمایز شدن این پارامترها شامل(۵،۱۰،۱۵،۲۰g/100) MD و (۰/۵ ،۱،۱/۲،۵g/100) WPI و (۰/۵، ۱، ۱/۵ g/100) CS (۵۷).

برخورد بین CS و MD پایداری بالاتر امولسیون را نتیجه داد . همچنین زمانیکه ۱ g CS با MD ترکیب شد پایداری بالایی از امولسیون در هر غلظتی از روغن ظاهر شد در این حالت میانگین قطرذرات از ۰/۸ میکرومتر تا ۱۴/۱ میکرومتر بود . زمانیکه CS به مقدار ۱/۵–۱ g به ازای ۱۰۰ گرم روغن ماهی تون با MD به مقدار ۱۰ g به ازای ۱۰۰ گرم روغن ماهی تون مخلوط می شود این امولسیون پائین ترین محدوده میانگین اندازه ذرات را بین ۰/۸ تا

[30] -Chitosan

۱/۴ میکرومتر می دهد. نتایج نشان داد که فرآیند انکپسولیشن با استفاده از atomizer می تواند اسیدهای چرب مهم را مانند EPA و DHA حفظ و حمایت کند (۵۶ و ۵۷) .

همچنین بیشترین رطوبت در این شرایط ۴-۳ گرم به ازای ۱۰۰ گرم روغن ماهی تون و فعالیت آبی ۰/۳ می باشد . رنگ پودر انکپسوله حاصل از CS و MD سفیدتر است در مقایسه با پودر حاصل از CS و WPI پودر انکپسوله حاصل از CS و WPI راندمان خیلی کمتری دارد نسبت به CS و MD ، که این مربوط به نتایج پایداری و امولسیون اندازه ذرات می شود که برخورد مواد پوشاننده بین CS و MD بهترین ظرفیت را دارد چون از ناپایداری امولسیون جلوگیری کرده و کوچکترین اندازه ذرات را می دهد (۵۶ و ۵۷). درجدول ۴-۱ این مقایسه انجام گرفته است (۵۷) .

جدول ٤-١ . مقایسه خصوصیات روغن ماهی کپسوله شده با کایتوسان ، مالتودکسترین و پروتئین پنیر(٥٦)

خصوصیات	CS+MD	CS+WPI
شکل	کروی	کروی
اندازه ذرات(میکرومتر)	۸/۴	۱۰/۲
رنگ	سفید	کدر
راندمان انکپسولیشن٪	۸۳/۵۴	۷۹/۳
درصد رطوبت٪	۲/۸۹	۳/۰۲
فعالیت آبی	۰/۳	۰/۳۲

آزمایشات در رابطه با فرآیند انکپسوله کردن نه تنها در مورد روغن ماهی بلکه در خیلی موارد دیگر انجام شده است .

در مقاله دیگری توسط Priscilla&Rocha میکروانکپسوله کردن ویتامین C بررسی شد (۴۵).

از چندین سال پیش در جهت غنی سازی محصولات صنایع غذایی با ویتامین ها و بدست آوردن یک محصولی با ارزش غذایی کاملتر فرآیند انکپسولیشن مورد توجه بوده است . در این مطالعه میکروانکپسول های اسید اسکوربیک (ویتامینC) با استفاده از یک روش ساده و اقتصادی و سه نوع ماده پوشش دهنده (مشتقات نشاسته) انجام گرفت. این مواد جانشین خوبی برای صمغ های عربی بودند زیرا درمقایسه با منابع مختلف دیگر هم قیمت پائین تری داشتند و هم در دسترس بودند .

این فرآیند با استفاده از تکنیک خشک کن پاششی و مالتودکسترین انجام شد . میکروکپسول ها شامل ۱۰٪ یا ۲۰٪ اسیداسکوربیک بودند . مورفولوژی و شکل میکروکپسولها با میکروسکوپ الکترونی SEM مشاهده شد که تراکم را نشان می دهد .یک دلیل برای استفاده از SEM تعیین خلل و فرج میکروکپسولها وتشخیص توانایی آنها در فرآیند میکروانکپسولیشن می باشد.

همچنین آنالیز اندازه ذرات یک محدوده قطری را بین ۸-۴ میکرومتر نشان داد . این اندازه های تولید شده کیفیت خوبی را از نظر پایداری اسید اسکوربیک نشان دادند .

مواد دیواره ای شامل کپسول(یک نوع نشاسته) ، مالتودکسترین یا مخلوطی از کپسول و مالتودکسترین که به نسبت ۱:۱ آماده شدند و در آب دی یونیزه با درجه حرارت ۶۵ درجه سانتیگراد قرار میگیرند و تا ۲۵ درجه سانتیگراد خنک می شوند سپس مواد اصلی یعنی اسید اسکوربیک به آن اضافه می شود نسبت وزن اسید اسکوربیک و کربوهیدرات ۱:۹ و یا ۱:۴ استفاده می شود (۴۵).

نرخ خوراک ورودی در Spray-dryer ، ۲۰ میلی لیتر در دقیقه بود فشار هم در ۶ اتمسفر ، دمای ورودی ۱۹۰ و خروجی ۹۰ درجه سانتیگراد تنظیم شده بود .

کوچکترین اندازه ذرات تولید شده بوسیله میکروانکپسولیشن ۱۰/۳۰-۰/۹۷۱ میکرومتر بود که توسط امولسیون مالتودکسترین و ۱۰٪ اسید اسکوربیک حاصل شد و بزرگترین اندازه ذرات تولید شده ۲۴-۱/۳۸ میکرومتر بود که توسط کپسول و ۲۰٪ اسید اسکوربیک حاصل شد (۴۵) .

درجدول۵-۱ خلاصه ای از نوع مواد دیواره ای و اندازه های حاصل شده از آن نمایش داده شده است . (۴۵).

جدول ۵-۱ . مقایسه مواد دیواره ای و اثرات آن بر اندازه های ذرات (٤٥)

نمونه ها	قطر ذرات (میکرومتر)
کپسول+۱۰٪ اسیداسکوربیک	۱/۰۹۶-۱۴/۱۴
کپسول+۲۰٪ اسیداسکوربیک	۱/۳۸-۲۴
کپسول+ مالتودکسترین+۱۰٪ اسیداسکوربیک	۱/۰۲۱-۱۲/۸۲
کپسول+ مالتودکسترین+۲۰٪ اسیداسکوربیک	۰/۹۶۷-۱۰/۸۹
مالتودکسترین +۱۰٪ اسید اسکوربیک	۰/۹۷۱-۱۰/۳۰
مالتودکسترین+۲۰٪ اسیداسکوربیک	۱/۰۳۰-۱۸/۱

در سال ۱۹۹۷ دانشمند دیگری به نام Soper,jon میکروانکپسوله کردن ذرات طعم دار یا غذاها با ژلاتین را مورد بررسی قرار داد (۴۹).

در این روش برای انکپسوله کردن ذرات یا مواد غذایی از ژلاتین ماهیان آبهای گرم که دارای درجه بلوم ۳۰۰-۱۵۰ گرم بودند که ترجیحاً از ژلاتین های با درجه بلوم ۳۰۰-۲۵۰ گرم استفاده کرد. ذرات طعم دهنده دیگری نیز مانند روغن سبزیجات ، روغن لیمو ، طعم سیب و غیره نیز در این فرآیند می تواند استفاده شود. در واقع این فرآیند طی سه مرحله اتفاق می افتد ، در ابتدا تهیه ذرات میکروانکپسوله ، سپس تشکیل مخلوط ژلاتین ماهیان آبهای گرم با ذرات میکروانکپسوله در درجه حرارت ۲۷ درجه سانتیگراد ،و در نهایت ایجاد شبکه اتصال تقاطعی[31] کپسولهای ذرات با پوشش پروتئینی ژلاتین ماهیان آبهای گرم (۴۹).

۲۰۰ گرم از محلول ژلاتین ماهی ۱۰٪ با ۱۰۰ گرم صمغ عربی ۴٪ در درجه حرارت اتاق مخلوط می شوند سپس مواد طعم دهنده ای مانند ۱۶۰ گرم روغن سبزیجات به آن افزوده شده و ۶۰۰ گرم آب مقطر ۳۵ درجه سانتیگراد به امولسیون اضافه می شود و محلول در مدت ۳۰ دقیقه در درجه حرارت اتاق ۲۵ درجه سانتیگراد سرد می شود .۲/۵ گرم از محلول آبی ۵۰٪ گلوترآلدئید[32] نیز برای ایجاد شبکه اتصال تقاطعی بهتر با ژلاتین به مخلوط اضافه می گردد که نتیجه آن یک میکروکپسول فوق العاده بود (۴۵ و ۴۹).

در مقاله دیگری که در یک patent ژاپنی در سال ۱۹۸۵ به چاپ رسید روش آنزیمی تهیه اسیدهای چرب امگا-۳ ارائه شده بود (۴۸).

در این روش جهت استخراج امگا-۳ از آنزیم لیپاز استفاده شد .پس از اضافه کردن آنزیم لیپاز به روغن ماهی واکنش انجام میشود و با جدا کردن آنزیم ، اسیدهای چرب امگا-۳ بدست می آیند.

بدین شکل که به نمونه ای از مواد اولیه ۱ میلی لیتر متیلن کلراید شامل ۰/۰۱ ٪ توکوفرول و ۱ میلی لیتر محلول نیم نرمال هیدروکسید سدیم اضافه شد در ۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۵۰ دقیقه گرم شد سپس ۱ میلی لیتر از محلول ۱۴٪ تری فلوئورید بور در متانول به واکنش اضافه گردید و بعد نمونه ها با دستگاه گازکروماتوگرافی

[31] -Cross-linked
[32] -Gluteraldehyde

برای تعیین EPA و DHA آنالیز شدند . جداسازی مخلوط با سیلیکاژل کروماتوگرافی انجام شد . آنزیم حذف شد و حلال نیز تحت فشار کاهش یافته جدا گردید .

از امتیازات این روش وجود شرایط واکنشی ملایم ، پایداری عملیاتی بالای کاتالیست ، نیاز نداشتن به تثبیت کاتالیست ، سادگی و راحتی جداسازی و درجه بالای استخراج امگا-۳ بود (۴۸).

در مقاله دیگری در سال ۲۰۰۶ توسط Jarunee انکپسوله کردن بتا کاروتن با دو نشاسته طبیعی و اصلاح شده انجام و مورد مقایسه قرار گرفت (۳۴).

در این آزمایش نشاسته طبیعی و نوعی ماده نشاسته ای به نام Tapioca و مالتودکسترین جهت میکروانکپسولیشن استفاده شد .

آنالیز اندازه ذرات نشان داد که قطر ذرات انکپسوله شده با کاروتن با نشاسته طبیعی و مالتودکسترین کوچکتر از قطر ذرات انکپسوله شده بتاکاروتن با نشاسته اصلاح شده Tapioca است .

رطوبت و فعالیت آبی میکروکپسولها بستگی به نوع مواد دیواره ای دارد . آزمایش نشان داد که کل بتاکاروتن استفاده شده برای نشاسته اصلاح شده Tapioca بیشترین و برای مالتودکسترین کمترین بود . در حالیکه سطح بتا کاروتن برای نشاسته اصلاح شده نسبت به نشاسته طبیعی کمتر بود پس نتیجه گرفت که نشاسته اصلاح شده نسبت به نشاسته طبیعی در نگهداری بتاکاروتن مؤثرتر است . نتایج بدست آمده نشان داد که نشاسته اصلاح شده Tapioca را می توان به دلیل پتانسیل خوب آن در نگهداری بتاکاروتن در فرآیند میکروانکپسولیشن در نظر گرفت (۳۴).

درمقاله دیگری که در سال ۱۹۹۰ توسط Kantor&Martin ارائه گردید برای میکروانکپسوله کردن روغن ماهی از موادی مانند اتیل سلولز[۳۳] ، سلولز استات تری ملیتیت[۳۴] و سلولز استات فتالات[۳۵] استفاده کرد . (۳۶).

قطر میکروکپسول ها در این حالت بین ۵۰۰-۰/۱ میکرون و یا ۲۵۰-۰/۵ میکرون بود بدین صورت که میکروکپسول ها با تهیه یک امولسیون از روغن شکل می گیرند و به داخل یک محلول اسیدی درحضور یک گاز بی اثر مانند آرگون یا نیتروژن ، پاشیده می شوند . میکروکپسول ها با یک ماده غذایی که دارای pH ای

[33] -Ethyl cellulose
[34] -Cellulose acetate trimellitate
[35] -Cellulose acetate phethalate

کمتر از pH ای که پوشش در آن حل می شود مخلوط میگردند . این روشی است برای ترکیبات فعال بایولوژیکی که قابلیت اکسید شدن و بو و طعم تند را دارند (۳۶).

این امولسیون در یک اسید انتخابی که می تواند شامل اسید استیک ، اسید فسفریک، اسید لاکتیک، اسید اسکوربیک ، اسید مالیک و یا اسید سیتریک باشد رسوب می دهد . در این مطالعه میکروکپسول ها با روغن سبزیجات مخلوط می شوند چون ترکیب روغن سبزیجات با میکروکپسولها قادر است که بطورکامل بو و طعم نامطلوب روغن ماهی را از بین ببرد چون میکروکپسول به تنهایی قادر به حذف بو و طعم نامطلوب نبود . پس از فیلتراسیون ، میکروکپسولها با آب شسته شده و خشک می گردند (۳۶).

در این شرایط اندازه ذرات آنالیز شد و محدوده آن بین ۵۰۰-۰/۱ میکرون و یا ترجیحاً ۱۰۰-۰/۵ میکرون بود. به همین ترتیب تهیه میکروکپسول هایی با آلژینات سلولز استات نیز انجام گرفت بدین روش که روغن با اضافه کردن به یک محلول کلسیم رسوب می دهد و همچنین با اضافه کردن فتالات استات سلولز نیز ، آلژینات رسوب می دهد که اندازه ذرات در چنین شرایطی بین ۲ میکرون تا ۱ میلی متر نشان داده شده است.(۳۶).

در مقاله دیگری در سال ۲۰۰۵ که توسط Valentinotti ارائه شد انکپسولیشن اسیدهای چرب با انواع کربوهیدراتهای مختلف انجام شد . این دانشمند خاطر نشان کرد که این کربوهیدراتها می تواند شامل ساکارز ، گلوکز، لاکتوز، فروکتوز، مالتوز، ریبوز، دکستروز، پنتوز، گالاکتوز، مالتودکسترین ، آگار ، کاراژینان و یا غیره باشد (۵۳).

ترجیحاً مواد کربوهیدرات شامل ۷۰-۳۰٪ و یا ۶۰-۴۰٪ مالتودکسترین است .با اضافه کردن آب به حداقل یک ماده کربوهیدراتی یک مخلوط آبی بدست می آید . ابتدا این امولسیون گرم می شود تا ۱۳۵-۱۱۰ درجه سانتیگراد که گرمادادن به این امولسیون شکل می دهد بعد خنک شدن ، شستشو و خشک کردن انجام می شود (۵۳).

در مقاله دیگری در سال ۲۰۰۶ Stephan Drusch و همکاران روغن ماهی را با ۳۳٪ امگا-۳ با روش خشک کن پاششی در مشتقاتی از نشاسته مانند گلوکز سیروپ[۳۶] و ترهالوز[۳۷] انکپسوله کردند.

در این آزمایش نمونه ها نشان دادند که در آنها هیچ اختلافی در خصوصیات فیزیکوشیمیایی تعیین شده از نظر اندازه ذرات ، دانسیته و سطح BET وجود ندارد (۲۹) .

[36] -Glucose syrup
[37] -Trehalose

اما در شرایط رطوبت پایین ، اکسیداسیون چربی در نمونه هایی که شامل ترهالوز بودند کاهش یافت و نشان داد که ترهالوز دیواره مناسب تری نسبت به گلوکز سیروپ برای میکروانکپسولیشن است .اکسیداسیون کند در نمونه هایی که شامل ترهالوز بودند مربوط به خصوصیات واحد های پیوندی ترهالوز می باشد (۲۹) .

هدف آنها از این مطالعه پی بردن به خصوصیات فیزیکوشیمیایی میکروکپسولها با ترهالوز و افزایش در پایداری اکسیداسیونی میکروکپسولها بود که ترهالوز نسبت به گلوکز سیروپ قابلیت اکسیداسیونی کمتری از خود نشان می دهد در نتیجه می توان گفت که ترهالوز دیواره مناسب تری نسبت به گلوکز سیروپ برای میکروانکپسولیشن است .این اکسیداسیون کند در نمونه هایی که شامل ترهالوز هستند مربوط به خصوصیات واحد های پیوندی ترهالوز می باشد .

در این آزمایش امولسیونی از روغن با ۴۰٪ از مواد جامد تهیه می شود پس از مخلوط کردن، امولسیون در فشار ۵۰ بار وارد هموژنایزر می شود . سپس برای تهیه پودر از خشک کن پاششی استفاده می کنند . دمای ورودی ۱۷۰ درجه سانتیگراد و دمای خروجی ۷۰ درجه سانتیگراد تنظیم می شود .

سپس با دستگاه میکروسکوپ الکترونی[۳۸] ظاهر و خواص میکروکپسول نمایش داده می شود . همچنین برای تعیین اندازه ذرات از دستگاه BET استفاده شد . دانسیته ذرات پودرها نیز با استفاده از پیکنومتر[۳۹] انجام گرفت. سپس در جدول ۶-۱ خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن ماهی میکروکپسوله شده ارائه شد (۲۹) .

جدول ٦-١ . مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی روغن ماهی میکروکپسوله شده با ترهالوز و گلوکز سیروپ (۲۹)

دیواره مواد	ترهالوز		گلوکز سیروپ	
درصد روغن	۴۰	۱۰	۴۰	۱۰
درصد رطوبت	۲/۰۳	۳/۰۳	۲/۳۹	۳/۶۵
سطح BET m^2/g	۰/۱۶۵	۰/۱۷۸	۰/۱۵۷	۰/۲۰۰
دانسیته g/cm^3	۱/۱۷۸	۱/۳۶۶	۱/۱۸۸	۱/۳۷۹
اندازه ذرات µm	۲۱/۱	۲۰/۳	۲۲/۷	۱۹/۰

در نمونه های گلوکز سیروپ با ۱۰٪ روغن نسبت به نمونه هایی با ۴۰٪ روغن حفره بیشتری دیده شد.

[38] -Scanning Electron Microscopy(SEM)
[39] -Pycnometer

همچنین درصد رطوبت نمونه هایی که شامل گلوگز سیروپ بودند بالاتر از نمونه هایی بود که شامل ترهالوز بودند . میکروسکوپ الکترونی نیز نشان داد که ترهالوز با ۴۰٪ روغن سطح یکنواخت تر و بهتری دارد (۲۹).

درمقاله دیگری در سال ۲۰۰۲ دانشمندی به نام Szentmihalyi به همراه گروهی از دانه های نوعی گیاه به نام hip مقادیر قابل توجهی روغن برای مصارف پزشکی و درمانی بدست آوردند و با روشهای گوناگون استخراج با هم مقایسه کردند . با استفاده از روشهای سنتی استخراج با حلال، روش امواج مافوق صوت[۴۰] ، میکروویو، استخراج با سیال فوق بحرانی و تحت بحرانی (۵۰).

در این مقاله مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع لینولئیک اسید و لینولنیک اسید به ترتیب حدود ۹۰٪ و ۶۰٪ در روغن های بازیافت شده بود . با استخراج به روش سنتی حلال مقدار روغن بدست آمده ۴/۸۵ ٪ w/w شد . همچنین روش استخراج با سیال فوق بحرانی بدون حلالهای آلی روش مناسبی برای بازیافت روغن و روش سیال تحت بحرانی [۴۱] بهترین روش برای بازیافت روغن با بالاترین بازده روغن یعنی ۶/۶۸ ٪ بود . بدین ترتیب مشاهده کردند که مقدار بازده روغن بدست آمده در روشهای جدید استخراج (فوق بحرانی ، تحت بحرانی و میکروویو خیلی بالاتر از روش سنتی استخراج با حلال شیمیایی است (۵۰).

مزیت اصلی استفاده از روش سیال فوق بحرانی[۴۲] co_2 ، توانایی استخراج روغن بدون حلال است درصورتیکه موارد دیگر استخراج بخار حلال حتماً مورد نیاز است .استخراج سنتی شیمیایی به روش استاندارد با ۲۵۰ میلی لیتر هگزان و ۱۰ گرم نمونه برای مدت ۳ ساعت انجام شد وبعد حلال تبخیر شد .

استخراج با روش مافوق صوت در یک حمام آب ۸۰ درجه سانتیگراد انجام شد ، ۱۰ گرم از دانه ها در ۲۵۰ میلی لیتر هگزان برای مدت ۱ ساعت قرار داده شدند و بعد از فیلتراسیون حلال تبخیر شد .روش میکرو ویو[۴۳] هم دردستگاهی با ۴۰ درجه سانتیگراد در مدت ۳۰ دقیقه انجام گرفت ۱۰ گرم از نمونه ها با ۳۵ میلی لیتر هگزان استخراج شدند و بعد از فیلتراسیون حلال تبخیر شد (۵۰).

---

[40] -Ultrasound
[41] -Subcritical
[42] -Supercritical
[43] -Microwave

استخراج به روش فوق بحرانی و تحت بحرانی هم با یک فشار بالایی از co_2 انجام شد که حلال تحت دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد و فشار ۲۵۰ بار به داخل استخراج کننده پمپ شد . حلال نیز شامل پروپان- دی اکسیدکربن بود . که پروپان تا ۹۹/۹٪ خالص شده بود . حلال فشرده می شود و با فلوریت ۱/۵-۱ لیتر در دقیقه از میان استخراج کننده عبور می کند . سپس فشار کم می شود و اجازه می دهد که در مدت ۱۵ دقیقه ماده استخراج شده به دمای اتاق برسد و دی اکسید کربن آزاد شود که در این حالت وزن پایدار ماده استخراج شده اندازه گیری می شود (۵۰).

درجدول ۷-۱ انواع روشهای استخراج مورد مقایسه قرار گرفته است (۵۰).

جدول ۷-۱ . مقایسه انواع روشهای استخراج روغن (۵۰)

	روش سوکسله	روش مافوق صوت	روش میکروویو	روش سیال فوق بحرانی	روش سیال تحت بحرانی
بازده (g/100gدانه)	۴/۸۵	۳/۲۵	۵/۲۶	۵/۷۲	۶/۶۸
حلال	هگزان	هگزان	هگزان	دی اکسید کربن	دی اکسید کربن +پروپان
درجه حرارت(سانتیگراد)	۶۸/۷	۶۸/۷	۴۰	۳۵	۲۸
فشار	اتمسفریک	اتمسفریک	اتمسفریک	۲۵۰ بار	۱۰۰ بار
زمان(دقیقه)	۱۸۰	۶۰	۳۰	۸۰	۳۵

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که کمترین مقدار روغن بدست آمده با استخراج مافوق صوت در حمام آب و به میزان ۳/۲۵ گرم روغن به ازای ۱۰۰ گرم دانه بود و بیشترین بازده با روش استخراجی تحت بحرانی با حلال پروپان – دی اکسید کربن و به میزان ۶/۶۸ گرم روغن به ازای ۱۰۰ گرم دانه بود .

روش سنتی استخراج سوکسله نیز طولانی ترین مدت زمان استخراج(۳ ساعت) ، بالاترین درجه حرارت و میزان بازدهی ۴/۸۵ گرم روغن به ازای ۱۰۰ گرم دانه را داشت .روش تحت بحرانی با درجه حرارت ۲۸ درجه سانتیگراد و فشار ۱۰۰ بار بهترین روش برای استخراج روغن بود و بالاترین بازده را داشت . (۵۰).

بر اساس یک تحقیق آزمایشگاهی گزارش شده است که روش استخراج روغن ها بوسیله استخراج فوق بحرانی نسبت به روش استخراج شیمیایی حلال هگزان به اسیدهای چرب غیر اشباع صدمه و آسیب بیشتری وارد می کند و روغن های حاصل از این روش استخراج پایداری شیمیایی کمتری دارند و میانگین سطح پراکسید چربی بالاتری دارند (۴۳). در این روش پروفایل اسیدهای چرب متغیر بوده و محتویات مواد معدنی و املاح در آنها

کاهش یافته و یا به عبارتی روش استخراج با سیال فوق بحرانی پایین ترین کیفیت روغن را ارائه می دهد (۴۳).در جدول ۸-۱ برخی از خصوصیات دو نوع استخراج فوق بحرانی و استخراج شیمیایی با هم مقایسه گردیده است (۴۳).

جدول ۸-۱ . مقایسه روغن استخراج شده به دو روش استخراج بحرانی و شیمیایی (٤٣)

خصوصیات	استخراج فوق بحرانی	استخراج شیمیایی با حلال هگزان
پایداری اکسیداسیونی	فوق العاده ناپایدار	پایداری ضعیف
درصد پراکسید چربی	۱/۷	۱/۳
پروفایل اسیدهای چرب ضروری	متغیر	نرمال
مواد معدنی	کاهش یافته	نرمال
تشکیل تری گلیسرید	جزئی	نرمال
باقی مانده های مواد شیمیایی	خیر	بلی
رنگ	پیگمانهای رنگی حذف میشوند	پیگمانهای رنگی طبیعی هستند
طعم	تلخ	تلخ
زمان ماندگاری	براساس تعیین سطح پراکسید چربی	براساس تعیین سطح پراکسید چربی
فرم تجارتی در دسترس	فقط کپسول	مایع یا کپسول

فن آوری مایکروانکپسولیشن جهت تولید پودر روغن ماهی و بهبود تغذیه ای محصولات غذایی در ارومیه ۲۴-۲۳ آبانماه انجام شد که هدف تولید پودر روغن ماهی با کمترین میزان طعم نامطلوب و بیشترین مدت ماندگاری با استفاده از این فن آوری بوده است .امولسیون اولیه روغن ماهی با محلول نشاسته اصلاح یافته و مالتودکسترین تهیه شده بعد از عبور از مایکروفلودایزر در فشار های ۹۰-۳۰ مگاپاسکال فرایند هموژنیزاسیون انجام گرفت .سپس امولسیون نهایی وارد خشک کن پاششی با شرایط مشخص گردید و پودر انکپسوله شده روغن ماهی تولید شد .با انجام آزمون مشخص شد که میزان روغن سطحی در آن تأثیر زیادی بر فساد اکسایشی و مدت ماندگاری محصول تولیدی دارد که بستگی به اندازه قطرات امولسیون اولیه و در نتیجه روش هموژنیزاسیون دارد (۳).

برای انکپسوله کردن ذرات یا مواد غذایی از ژلاتین ماهیان آبهای گرم که دارای درجه بلوم ۳۰۰-۱۵۰ گرم هستند نیز می توان استفاده کرد که ترجیحاً از ژلاتین های با درجه بلوم ۳۰۰-۲۵۰ گرم استفاده می گردد. ذرات طعم دهنده دیگری نیز مانند روغن سبزیجات ، روغن لیمو ، طعم سیب و غیره نیز در این فرآیند می تواند استفاده

شود. در واقع این فرآیند طی سه مرحله اتفاق می افتد ، در ابتدا تهیه ذرات میکروانکپسوله ، سپس تشکیل مخلوط ژلاتین ماهیان آبهای گرم با ذرات میکروانکپسوله در درجه حرارت ۲۷ درجه سانتیگراد ،و در نهایت ایجاد شبکه اتصال تقاطعی[۴۴] کپسولهای ذرات با پوشش پروتئینی ژلاتین ماهیان آبهای گرم (۴۵) . روش به این صورت است که ۲۰۰ گرم از محلول ژلاتین ماهی ۱۰٪ با ۱۰۰ گرم صمغ عربی ۴٪ در درجه حرارت اتاق مخلوط می شوند سپس مواد طعم دهنده ای مانند ۱۶۰ گرم روغن سبزیجات به آن افزوده شده و ۶۰۰ گرم آب مقطر ۳۵ درجه سانتیگراد به امولسیون اضافه می شود و محلول در مدت ۳۰ دقیقه در درجه حرارت اتاق ۲۵ درجه سانتیگراد سرد می شود .۲/۵ گرم از محلول آبی ۵۰٪ گلوترآلدئید[۴۵] نیز برای ایجاد شبکه اتصال تقاطعی بهتر با ژلاتین به مخلوط اضافه می گردد (۴۶).

سپس با دستگاه SEM میکروسکوپ الکترونی شکل و مورفولوژی کپسولها (یکنواختی سطح) بررسی می شود و در نهایت با دستگاه BET اندازه ذرات تعیین و بهینه می گردند (۴۶) .

برای استخراج چربی از بافت حیوانی روشهای متفاوتی وجود دارد . یک روش مؤثر و آسان استفاده از روش Bligh&Dyer (۱۹۵۹) است که اصلاح شده روش کلاسیک Floch (۱۹۵۷) است که در ادامه به طور کامل به آن اشاره می شود (۲۸ و ۲۳).

قبل از استخراج و خالص سازی روغن ماهی کپور فیتوفاگ ، ترکیبات مغذی بافت این ماهی نیز از نظر مقادیر پروتئین ، چربی ، رطوبت و خاکستر مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایشات بر اساس روش AOAC,1994 انجام گرفت (۲۲) .

برای تغلیظ و استخراج اسید های چرب روشهای مختلفی وجود دارد . روش کمپلکس کردن با اوره یکی از بهترین روشهایی است که با حداقل امکانات و بدون استفاده از هیچ حلالی به جز اتانول انجام می شود و نسبت به روشهای استخراج با حلال ، بسیار مقرون به صرفه تر است ، لذا این روش با هدف دستیابی به اسیدهای چرب امگا-۳ تغلیظ شده به کار رفته است (۴۶ و ۴۷) .

[44] -Cross-linked
[45] -Gluteraldehyde

۲- مواد و روشها

۲-۱- مکانیسم واکنش

در این روش اوره با تشکیل کمپلکس با اسیدهای چرب زنجیره کوتاه اشباع و اسیدهای چرب زنجیره بلند، آنها را به صورت کریستال در آورده و امکان جداسازی آنها را فراهم می کند . این روش اولین بار توسط Ratnayake در سال ۱۹۸۸ برای تغلیظ اسیدهای چرب اشباع نشده امگا-۳ از روغن ماهیان منهدن[۴۶] انجام شده است . عدم به کار گیری از حلالهای آلی و ارزان بودن مواد مصرفی از دلایل عمده انتخاب این روش می باشد بنابراین پس از استخراج روغن از بافت کپور فیتوفاگ با روش استاندارد ، تغلیظ امگا-۳ از روغن ماهی کپور فیتوفاگ با روش کمپلکس اوره مورد بررسی قرار گرفت . Ratnayake و همکارانش در سال ۱۹۸۸ گزارش کردند که تغلیظ اسیدهای چرب امگا-۳ روغن منهدن از طریق کمپلکس سازی اوره مناسب هستند و اسیدهای چرب منواتیلنی اشباع شده با زنجیره طولانی تر را می توان با سهولت تمام از طریق کمپلکس اوره جدا کرد (۴۵) ، ضمن آنکه روش آزمایشگاهی و نیمه صنعتی آن نیز ارزان و با امکانات موجود قابل انجام است البته در روش نیمه صنعتی بکارگیری سیستم تقطیر با فشار کم ضروری است (۴۷ و ۴۶) .

۲-۲- مواد مورد نیاز

لازم به ذکر است که تمام مواد شیمیایی مورد نیاز با مارک Merck تهیه می گردد.

۱- کپور فیتوفاگ و روغن استخراج شده از آن

۲- اتانول ۹۵ درصد

۳- پتاس

۴- اسید کلریدریک غلیظ

۵- اوره خالص

۶- اسیدسولفوریک غلیظ

---

[46] - Menhaden

۷- سولفات سدیم خشک

۸- هگزان

۹- دی اتیل اتر یا اتر دوپترول

۱۰- معرف متیل رد

۱۱- آب مقطر

۱۲- کاغذ صافی واتمن شماره ۱

۱۳- پنبه

۱۴- استاندارد اسیدهای چرب

۱۵- کلرید سدیم

۱۶- هیدروکسید سدیم

۱۷- گلوتار آلدئید و فرمالدئید

۱۸- پلی وینیل الکل (هم به عنوان حلال و هم افزایش دهنده قدرت یونی)

۱۹- صمغ عربی

۲۰- ژلاتین گاو

۲۱- سنگ جوش

۲۲- سولفات مس

۲۳- سولفات پتاسیم

۲۴- متانول

۲۵- کلروفرم

۳-۲- دستگاههای مورد نیاز

۱- دستگاه گاز کروماتوگرافی ، مارک Shimadzu ، مدل A- ۱۴، ساخت کشور ژاپن .

۲- دستگاه تقطیر در خلاء ، مارک Heidolph ، مدل ۴۰۰۱- Laborota ، ساخت کشور آلمان .

۳- میکروسکوپ نوری جهت تعیین شکل و مورفولوژی کپسول ها ، مارک Carl zeiss ، مدل ۴۲۶۱۲۶ ساخت کشور آلمان ، با بزرگنمایی عدسی ۳ ، ۱۰ ، ۲۰ و ۱۰۰ .

۴- دوربین متصل به میکروسکوپ نوری ، مارک Canon ، مدل ۱۰۸۹ pc ،دیجیتال، ساخت کشور ژاپن .

۵- دستگاه آنالایزر جهت تعیین اندازه ذرات ، مارک LEICA DMLB ، ساخت کشور آلمان .

۶- سیستم رفلاکس

۷- بن ماری ، مارک Julabo ، مدل ۳۳ ، ساخت کشور آلمان .

۸- هیتر همزن دار ، مارک Heidolph ، مدل ۳۰۰۱ MR ، ساخت کشور آلمان .

۹- ترازوی دیجیتال با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم ، مارک Mettler ، مدل ۱۳۰۰ ، ساخت کشور سوئیس .

۱۰- انکوباتور یخچال دار ، Cooled Incubator ، ساخت شرکت تارا طب ایران .

۱۱- فریزر ۳۰- درجه سانتیگراد

۱۲- pH متر ، مارک Metrohm ، مدل ۸۲۷ pH lab ، ساخت کشور ژاپن .

۱۳- مگنت ، ساخت کشور آمریکا شرکت Labortechnikik .

۱۴-دستگاه هموژنایزر ، مارک Heidolph ، مدل Silent crusher s با سرعت rpm ۷۵۰۰۰-۱۵۰۰۰ ، ساخت کشور تایوان .

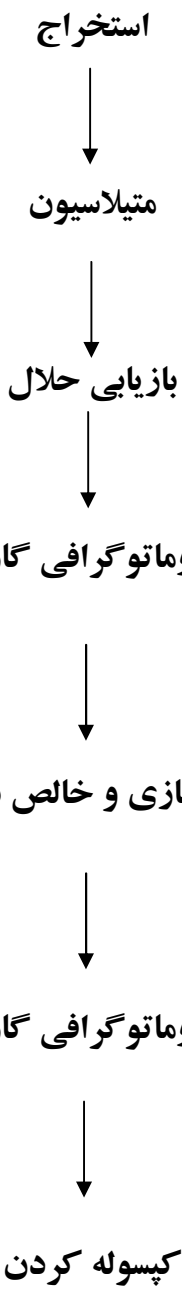
۱۵- سیستم کجلدال

۱۶- آون معمولی ، مارک Memert ، ساخت کشور آلمان .

۱۷- شوف بالن ، مارک Branstead/Electrothermal ، ساخت کشور آلمان .

۱۸- ترمومتر ، ساخت چین تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد .

۱۹- کوره ، مارک Vecstar Furnaces ، مدل LFI ، ساخت کشور انگلستان .



نمودار ۱-۲ . شمایی از فرآیند استخراج امگا-۳

٤-۲- روش استخراج روغن ماهی

برای استخراج چربی از بافت حیوانی روشهای متفاوتی وجود دارد . یک روش مؤثر و آسان استفاده از روش Bligh&Dyer (۱۹۵۹) است که اصلاح شده روش کلاسیک Floch (۱۹۵۷) است . به طور خلاصه در این روش

یک سیستم تک فازی شامل کلروفرم – متانول – آب به ترتیب به نسبتهای ۱-۲-۰/۸ است که به سهولت و سریعاً چربیها را استخراج می کند (۲۳،۳۳و ۱۷).

عصاره سپس توسط یک میلی لیتر حجم های مساوی از کلروفرم و آب رقیق می شود و سیستم دوفازی آب و متانول – کلروفرم به نسبتهای ۱/۸ – ۲- ۲ به دست می آید . تمام مواد محلول در آب در فاز متانول- آب توزیع می شوند . چربی عاری از مواد محلول در آب ، وارد فاز کلروفرمی می شود . در صورت تشکیل امولسیون ، عصاره را سانتریفوژ کرده که امولسیون به این وسیله شکسته می شود . (۳۱و۳۳)

فاز کلروفرمی را جدا کرده و سپس توسط دستگاه تقطیر در خلاء[۴۷] تغلیظ می کنیم . چربی باقیمانده را درحدود ۱۰۰ میلی لیتر کلروفرم و متانول به ترتیب به نسبتهای حجمی ۲-۱ حل نموده و در دمای زیر صفر درجه سانتیگراد نگهداری می کنیم .

برای کاهش واکنشهای هیدرولیز یا پراکسیداسیون دمای مراحل استخراج باید در حدود دمای اتاق یا زیر دمای ۲۵ درجه سانتیگراد باشد (۱۷).

از روش های قدیمی که از دستگاه سوکسله برای استخراج چربی استفاده می شود باید اجتناب کرد زیرا عمل استخراج چندین ساعت باید در دمای نسبتاً بالا انجام می شد که خود عاملی در جهت تسریع واکنش های پراکسیداسیون و هیدرولیز محسوب می شود (۱۷).

طبق تحقیقات انجام شده در گذشته ثابت شده است که حتی اگر در مراحل فرآیند از گاز ازت استفاده نکنیم نیز ممکن است تا حدی به جواب مطلوب برسیم. به دلایل زیر : (۱۷).

۱- روغن های دریایی بخصوص روغن ماهی دارای مقادیر زیادی از ویتامین E می باشد که خود به عنوان یک آنتی اکسیدان قوی عمل می کند .

۲-می توان زمان هایی که محلول در مجاورت هوا قرار می گیرد را کوتاه کرد تا میزان تولید پراکسید به حداقل برسد . با به عبارتی مراحل کار سریع تر انجام گیرد.

۳- نور عاملی جهت تسریع واکنش پراکسیداسیون است. می توان دور ظروف را با فویل پوشاند .

---

[47]- Rotary

۴- برای تبخیر حلال در حداقل دمای ممکن و در خلاء این عمل انجام می شود . بعد از قرار دادن در ظروف دربسته مناسب آنها را در زیر صفر درجه سانتیگراد نگهداری می کنیم . چون هرچه گرما بیشتر باشد سرعت پراکسیداسیون باندها دوگانه بیشتر می شود .(۱۷)

۲-۵- متیلاسیون

جهت آنالیز روغن ماهی برای تزریق به دستگاه گازکروماتوگرافی طبق روش استاندارد ملی ایران، بوسیله متانول-اسیدسولفوریک غلیظ، متیل استر تهیه نمودیم .(۱)

۲-٦- مرحله بازیافت حلال

چون جهت متیلاسیون روغن مقداری حلال مورد استفاده قرار گرفته است بهتر است که در مقیاس بزرگتر آن در صنعت، جهت سلامت و توجیه اقتصادی ، بازیابی حلال انجام گیرد .

به همین جهت در صنعت، قبل از وارد کردن خوراک متیله شده به دستگاه گاز کروماتوگرافی یا ستون تقطیر مولکولی خوراک به واحد بازیابی حلال فرستاده می شود (۶ و ۱۳).

مزیت این واحد بازیابی حلال جهت توجیه اقتصادی و تسریع در عمل تبخیر حلال و حفظ امنیت غذایی است (۶ و ۱۳). که در این پروژه بازیافت حلال با سیستم تقطیر در خلأ انجام گرفت .

۲-۷-گاز کروماتوگرافی

گاز کروماتوگرافی روشی است برای جدا کردن اجزاء تشکیل دهنده یک مخلوط که اساس آن به ستون جداکننده استوار است . ستون لوله باریکی است که به وسیله مواد جاذب بسیار ریزی پر شده است که به آن فاز ساکن گویند و یک فاز متحرک از آن عبور می کند .

دو نوع گاز کروماتوگرافی موجود است که در نوع اول فاز ساکن یک جاذب جامد می باشد و به آن گاز کروماتوگرافی گاز-جامد گویند . در نوع دوم ، فاز ساکن مایعی است که روی یک ماده جامد قرار می گیرد و به آن گاز کروماتوگرافی گاز-مایع گویند .

در کروماتوگرافی گاز-جامد مواد بر اساس تفاوت در جذب و در نوع گاز-مایع بر اساس اختلاف حلالیت در فاز مایع جدا می شوند و جسم جامد به عنوان پایه فاز مایع عمل می کند (۱۷) .

در کروماتوگرافی جریانی از یک گاز از ستون عبور می کند و نمونه موردنظر در ابتدای ستون تزریق می شود . جدا شدن اجسام متشکله مخلوط بر اساس نیروهایی است که هر جزء را به مواد ستون نگه می دارد .

اجزاء توسط عامل های جذب سطحی ، حلالیت ، پیوندهای شیمیایی ، قطبیت ، به مواد ستون نگهداری می شوند که زمان نگهداری اجزاء داخل ستون مختلف است .

ترکیبات به وسیله جریان گاز به انتهای ستون رانده می شوند و چون مواد مختلف با فاز ساکن در گیرند در نتیجه اجسام با سرعت متفاوتی از ستون عبور کرده و در زمانهای مختلف به ردیاب می رسند و ثبات گر، آن را به صورت یک نوار جذبی ثبت می کند .سطح زیر منحنی معرف غلظت جسم و فاصله زمانی نوار جذبی نسبت به زمان تزریق ، معرف یک جسم است . هر ماده ای که از ستون عبور می کند دارای زمان تأخیر[۴۸] خاص خود می باشد که بر حسب دقیقه می باشد (۱۷) .

۸-۲- اصول دستگاه گاز کروماتوگرافی

تمام دستگاههای گاز کروماتوگرافی از شش قسمت زیر تشکیل شده اند (۱) :

۱- تنظیم کننده فشار و دستگاه تنظیم سرعت جریان گاز

۲- سیستم برای تزریق نمونه

۳- ستون جداکننده

۴- قسمت حرارتی

۵- ردیاب

۶- ثباتگر

[48] -Retention-Time

۹-۲- محاسبه سطح زیر منحنی

سطوح زیر منحنی به روشهای مختلف محاسبه می شود : (۱)

۱- به وسیله دستگاه سطح سنج

۲- به وسیله دستگاه انتگراتور که به طور خودکار سطح زیر منحنی را رسم می کند .

در صورتیکه دستگاه گاز کروماتوگراف فاقد انتگراتور و سطح سنج باشد ، می توان از طریق مثلث بندی استفاده نمود. به این ترتیب که دو خط مماس بر دو شاخه نوار جذبی رسم نموده و بعد به وسیله خط دیگری که دو پایه نوار جذبی را به هم متصل می کند مثلثی تشکیل داده و بعد مساحت این مثلث را با اندازه گیری ارتفاع و قاعده از رابطه ارتفاع ضرب در نصف قاعده محاسبه می کنیم .

به این ترتیب سطح زیر هر نوار جذبی را می توان محاسبه نمود ، ولی این طریقه دقیق نبوده و دارای خطای زیادی می باشد .برای بدست آوردن مقدار حقیقی سطح زیر منحنی باید عدد بدست آمده را بر فاکتور تصحیح آن تقسیم نمود و سپس این سطوح تصحیح شده را جمع نموده و از آن نسبت درصد سطوح حقیقی را می توان بدست آورد .

در صورتی که مقداری از نمونه فرار باشد و آزمایش کننده مشکوک باشد که قسمتی از این اسیدهای چرب از بین رفته است به این ترتیب از یک استاندارد داخلی استفاده می شود ، برای این منظور مقدار درصدهای اسیدهای چرب را از رابطه زیر بدست می آورند .

مقدار درصد یک اسید چرب = $(A_f / A_m) \times (M \times F) \times 100$

A_f = سطح تعیین شده برای اسیدچرب (بصورت استر متیلیک)

A_m = سطح تعیین شده برای نوار جذبی مارگارات (بصورت استر متیلیک)

M = وزن اسید مارگاریک

F = وزن اسید چرب نامعلوم قبل از اضافه کردن اسید مارگاریک

مقدار کل اسید چرب استخراج شده از ستون بصورت متیل استر با اضافه کردن مقدار درصدهایی که طبق فرمول بالا بدست می آیند محاسبه می شوند .

همچنین مقدار درصد اسیدهای چرب که از ستون خارج نشده اند با کم نمودن عدد بدست آمده از فرمول بالا از عدد صد بدست می آیند (۱) .

۱۰-۲- مرحله آنالیز اسیدهای چرب توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی

روشی که در این پروژه انجام گرفته است براساس روش AOCS,2005 آنالیز اسیدهای چرب با کروماتوگرافی گازی می باشد (۵۱).

در این روش ترکیب اسیدهای چرب روغن های دریایی بوسیله ستون گاز کروماتوگرافی با سیستم تزریق تعیین می شود .

۱- دتکتور یونیزاسیون شعله ای ، دمای تزریق ۲۳۰ درجه سانتیگراد ، دمای دتکتور ۲۵۰ درجه سانتیگراد ، و پروفایل درجه حرارت آون نیز بدین صورت است : درجه حرارت اولیه ۱۵۰ درجه سانتیگراد ، زمان hold اولیه ۱۵ دقیقه ، درجه حرارت نهایی ۱۹۵ درجه سانتیگراد ، زمان hold نهایی ۱۵ دقیقه می باشد .این روش برای تعیین اسیدهای چرب روغن های دریایی از جمله EPA و DHA در مقادیر مختلف mg/g با استفاده از از فاز مایع پلی گلیکول باند شده در ستون موئین سیلیکا می باشد .لازم به ذکر است که در این روش اسید چرب $C_{23:0}$ به عنوان استاندارد داخلی استفاده می شود .

۲- ستون GLC باید از جنس سیلیکا ، طول ۲۵ متر یا بیشتر و قطر داخلی ۰/۳۵-۰/۲ میلی متر ، فاز مایع باید با Carbowax-20M و یا یک پلی گلیکول باند شده باشد.

بعنوان مثال Supelcowax، ۵۰m × ۰/۲۵ mm ، با Coating ۰/۲۵ میکرومتر . و یا Omegawax320 ۳۰m × ۰/۳۲ mm، با Coating ۰/۲۵ میکرومتر .

۳- گاز حامل هیدروژن یا هلیم با خلوص ۹۹/۹۹۹ ٪

۴- یک آمپلی فایر مناسب ، ثبت کننده و انتگراتور

۵- حمام آبی با درجه حرارت ثابت در ۱۰۰ درجه سانتیگراد

۶-لوله های ۱۲۵ × ۱۶ میلی متر از جنس تفلون

۷- پیپت های حجمی ۱ میلی لیتر و ۲ میلی لیتر

۸- پیپت نوع پاستور

۹- فلاسک حجمی ۲۵ و ۱۰۰ میلی لیتر

۱۰- سرنگ تزریق ۱۲ میلی لیتری

۱۱- ترازوی آنالیتیکال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم

۱۲- منبع نیتروژن خشک (۵۱).

حال اسید چرب متیله شده را به دستگاه گاز کروماتوگرافی تزریق می کنیم .

۱۱-۲- روش جداسازی وخالص سازی امگا-۳ از روغن ماهی به روش کمپلکس اوره

نمونه های تهیه شده در فریزر نگهداری و به تدریج برای انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت . نمونه ها یک ساعت قبل از شروع کار از فریزر خارج و به طور جداگانه بر اساس روش زیر مورد آزمایش قرار گرفت . حدود ۴۰ گرم از هر یک از نمونه ها به بالن رفلاکس مناسب منتقل و به آن ۵۶ میلی لیتر اتانول ۹۵ درجه و ۳۴ میلی لیتر محلول پتاس ۳۰ درصد اضافه و به مدت ۲ ساعت رفلاکس گردید . این مخلوط صابونی شده با ۵۰ میلی لیتر آب رقیق گردید و سپس مواد غیر قابل صابونی با استفاده از ۵۰ میلی لیتر حلال هگزان طی ۳ مرحله از محیط خارج گردید . به حاصل مواد صابونی شده ۱۰۰ میلی لیتر آب و ۱۳/۸ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ اضافه کرده و صبر می کنیم تا فازها از هم جدا شوند . سپس با افزودن ۳۷۰ میلی لیتر اتانول و ۱۰۰ گرم اوره به مدت ۲۰ دقیقه رفلاکس می گردد . حاصل به مدت ۲۴ ساعت در حرارت اتاق و ۲۴ ساعت در حرارت ۱ درجه سانتیگراد قرار داده می شود تا دو فاز کاملاً از یکدیگر متمایز گردند(۴۰) . قسمت کریستال شامل UCF [۴۹] به صورت قسمتی از اسیدهای چرب ترکیب شده با اوره و لایه بالایی NUCF [۵۰] اسیدهای چرب ترکیب نشده با اوره می باشد که پس از جداسازی به لایه NUCF مقدار ۷۲۰ میلی لیتر آب و ۸/۸ میلی لیتر اسید کلریدریک اضافه و مخلوط گردید پس از جداسازی فازها از هم به لایه بالایی ، ۱۹ میلی لیتر اتانول و ۰/۳ میلی لیتر اسید

[49]- Urea Complex Fatty Acid

[50] -Non Urea Complex Fatty Acid

سولفوریک غلیظ اضافه کرده و باز به مدت ۲ ساعت رفلاکس می کنیم سپس ۴۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه کرده و به مدت ۲۴ ساعت در درجه حرارت ۳۰- درجه سانتیگراد قرار می دهیم . مراحل فوق را در درجه حرارتهای ۵ و ۵- درجه سانتیگراد نیز تکرار می کنیم (۴۷ ، ۳۲ و ۳۸) .

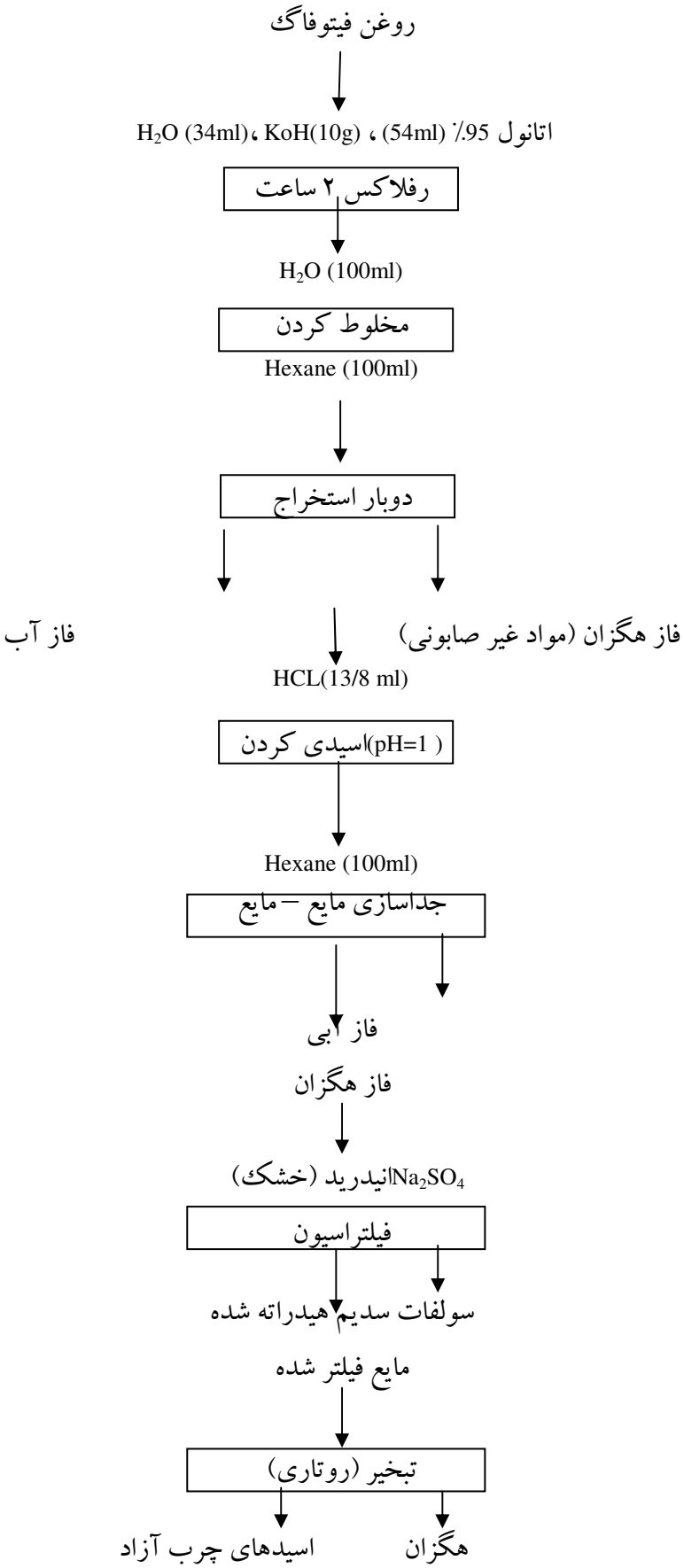
۱۲-۲- مرحله کروماتوگرافی گازی

پس از خالص سازی و جداسازی اسیدهای چرب امگا-۳ دوباره عملیات گاز کروماتوگرافی را برای امگا-۳ خالص شده انجام داده تا از افزایش درصد خلوص اسیدهای چرب امگا-۳ به خصوص (EPA&DHA) مطمئن شویم.روش گاز کروماتوگرافی در مراحل قبل به طور کامل شرح داده شد .

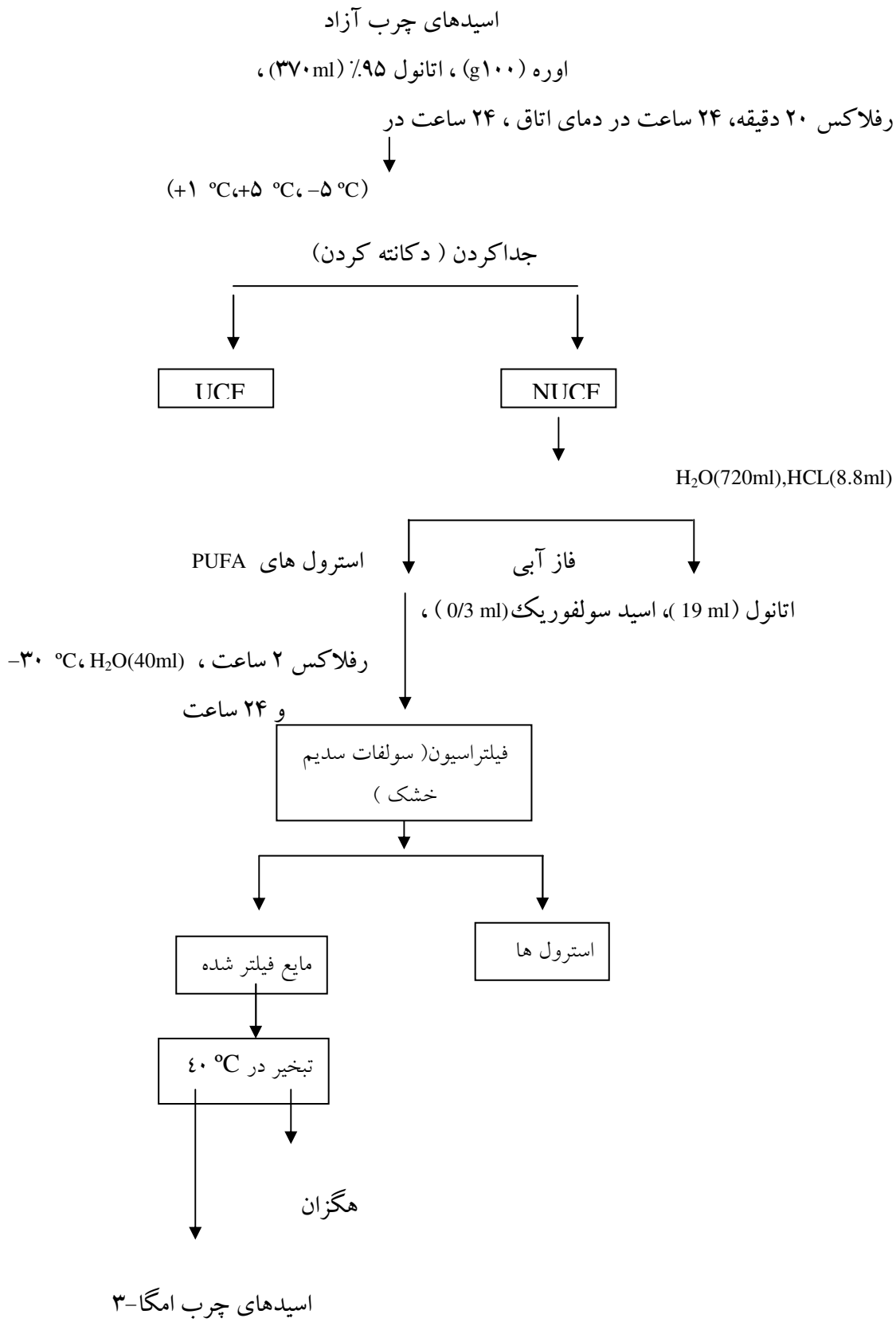
برای شناسایی اسیدهای چرب متشکله ، مقداری از هریک از آنها را با استفاده از اتانول و اسید سولفوریک به اتیل استر تبدیل کرده و با استفاده از دستگاه گازکروماتوگراف ، اسیدهای چرب موجود تعیین مقدار می شوند . خالص سازی نمونه در ۱ درجه سانتیگراد بیشترین بازدهی را داشته است . دستگاه گاز کروماتوگرافی از نوع Shimadzu GC-14A ساخت کشور ژاپن و با شناساگر شعله ای (FID) و ستون ۵۰ m* ۰/۲۵ mm Capillary تحت شرایط برنامه حرارتی زیر به کار گرفته شد (۵۲) .

Initial temperature : ۱۵۰ ºC , Final temperature: ۱۹۵ ºC , program rate : ۵ ºC/min . Initial hold time: ۱۵ min , Final hold time : ۱۵ min , flow rate: ۵۰ ml/min . Injection temperature : ۲۳۰ ºC , Detection temperature : ۲۵۰ ºC , carrier gas : He (AOCS , 2005) .

در شکل زیر شمایی از استخراج اسیدهای چرب آزاد از روغن فیتوفاگ و خالص سازی امگا-۳ به روش کمپلکس اوره نشان داده شده است .



نمودار ۳-۲. نمودار تهیه اسیدهای چرب آزاد از روغن ماهی کپور فیتوفاگ (٤٧ و ٥٥)



اسیدهای چرب امگا-۳

نمودار ۳-۲ . نمودار تهیه اسیدهای چرب امگا-۳ تغلیظ شده به کمک روش کمپلکس اوره(٤٧ و ٥٥)

۱۳-۲- صمغ ها

صمغ ها معمولاً نرم و بدون طعم هستند اما بر روی مزه و طعم غذاها اثر گذارند ، به طور کلی هیدرو- کلوئیدها باعث کاهش شیرینی می شوند . صمغ عربی ، صمغی است که اغلب اوقات به عنوان ماده پوشاننده برای کپسوله کردن طعم ها استفاده می شود . قابلیت حلالیت دارد ، ویسکوزیته پایینی دارد ، خصوصیات امولسیونی خوب و قدرت بازدارندگی خوبی برای ترکیبات معطر و فرار دارد که این خصوصیت ، آن را برای بیشتر روشهای کپسولاسیون مؤثر ساخته است (۵۴) .

١٤-٢- پروتئین ها

خصوصیاتی مانند حلالیت ، ویسکوزیته ، خاصیت امولسیفایری و تشکیل فیلم و توانایی استفاده در انکپسولیشن را دارد . در تمام طول مدت تشکیل امولسیون ، مولکولهای پروتئینی به سرعت جذب در فصل مشترک آب – روغن تشکیل شده می شود و به صورت لایه محافظی ، از روغن در برابر اکسیداسیون از آن حمایت کرده و پایداری فیزیکی را فراهم می سازد (۵۴) .

١٥-٢- آب مقطر

در فرآیند تهیه میکروکپسول استفاده از آب مقطر بدون یون مهم می باشد . در صورت استفاده از آب معمولی به خاطر وجود یونهای کلسیم موجود در آب ، نمک کلسیم تشکیل می شود که این نمکها باعث پاره شدن میکرو کپسولها می شود(۴) . در آزمایشات این پروژه از آب دوبار تقطیر شده استفاده شده است .

١٦-٢- روش آزمایش

۱- محلول ۱۲/۵٪ از ژلاتین حاوی ۲/۵ گرم ژلاتین در ۲۰ سی سی آب مقطر تهیه می شود .

۲- محلول ۱۲/۵٪ از صمغ عربی حاوی ۲/۵ گرم صمغ عربی در ۲۰ سی سی آب مقطر تهیه می شود .

۳- روغن و حلال(۰/۵ گرم پلی وینیل الکل در ۴۰ سی سی آب مقطر حل می شود) به میزان مورد نظر مخلوط می شوند(۲۶ ، ۲۷ و ۴) .

ابتدا مخلوط روغن و حلال پلی وینیل الکل به میزان موردنیاز به آرامی به محلول صمغ عربی اضافه می گردد و مدت نیم ساعت با دور موردنظر به هم زده می شود .در این آزمایش از پلی وینیل الکل هم به عنوان حلال و هم به عنوان عامل افزایش دهنده قدرت یونی استفاده شد . پلی وینیل الکل به توده ای شدن ذرات و جداسازی آنها از هم کمک می کند (۵۴) سپس محلول ژلاتین به این محلول اضافه می گردد و به مدت نیم ساعت این مخلوط

به هم زده می شود . در تمام این مراحل دما c ° ۴۰ می باشد .اشاره می شود که یکی از متغیرهای موردنظر در این آزمایش دور یا سرعت همزن است که انتخاب آن به شرایط آزمایش بستگی دارد(۲۸) . در حالی که عمل همزدن ادامه دارد در طول این مدت مقداری آب مقطر به صورت اسپری یا قطره قطره به ظرف واکنش اضافه می شود . در این مرحله pH حدود ۵-۴/۵ می باشد که پایین تر از نقطه ایزوالکتریک ژلاتین است و بنابراین ژلاتین با بار مثبت و صمغ عربی با بار منفی می توانند تشکیل توده دهند .در حین فرایند مخلوط کردن قدرت یونی مخلوط را توسط Nacl تنظیم می کنیم که در این مرحله را با افزودن غلظتهای متفاوت نمک که شامل ۰/۰۱ ،۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ مولار است انجام می دهیم . که بهترین میزان آن غلظت ۰/۱ مولار نمک می باشد . افزودن نمک طعام برای بالابردن قدرت یونی به میزانی بیش از میزان موردنظر باعث سفت شدن محلول می شود و تا حدی فرایند میکروکپسولاسیون را متوقف و مختل می کند (۲۶ و ۲۷) . در مرحله بعدی مقداری آب مقطر با دمای حدود c ° ۰ به ظرف واکنش اضافه می شود . در این حالت دمای مخلوط داخل ظرف واکنش باید کمتر از c° ۲۵ باشد و در این شرایط مواد به مدت یک ساعت به هم زده می شوند . در این مرحله توده ای شدن کامل شده است و مرحله بعدی مربوط به سخت کردن و مستحکم سازی دیواره میکروکپسولها می باشد (۲۸). در این قسمت ابتدا pH محلول ۹/۷-۹/۵ تنظیم شده سپس مقدار ۱۰ سی سی گلوتار آلدئید اضافه می شود و دمای محلول تا حدود c° ۵-۳ کاهش می یابد و دوباره pH تا حدود ۹/۵ تنظیم می شود و محلول در این دما حدود ۲۲-۲۰ ساعت به هم زده می شود . تغییر بعضی از پارامترها و اثرات آنها بر روی محصول به دست آمده نیز انجام شد و نتایج حاصل از آن در قسمت بحث و نتایج مورد بررسی قرار گرفت (۲۶ و ۲۷) .

پارامترهای تغییر داده شده در این آزمایش ، دور همزن rpm ۱۰۰۰،۷۵۰،۵۰۰،۳۰۰،۱۰۰، تغییر ماده سخت کننده گلوتار آلدئید به جای فرمالدئید ، استفاده از پلی وینیل الکل (PVA) و گلوتار آلدئید به صورت جداگانه و با هم، استفاده از نمک کلرید سدیم(بررسی قدرت یونی) با غلظتهای متفاوت می باشد که در نهایت پایداری میکروکپسولها نیز با استفاده از دستگاه هموژنایزر در دورهای متفاوت مورد بررسی قرار گرفت .

اثر قدرت یونی بر روی توده ای شدن ترکیبی یک پدیده معروف است . میکرویونهای حاضر در محلول پلیمرها را باردار می کنند و بنابراین گستره تقابلهای درونی آنها را کاهش می دهند . بنابراین پلیمرها حتی در PH های پایین تر نیز با یکدیگر به تقابل می پردازند ، در این حالت ژلاتین بار مثبت بیشتری را با خود حمل می کند . البته این نکته مهم است که کمپلکس سازی به وسیله غلظت بالای نمک نیز تحت تأثیر قرار می گیرد و مختل می شود . در واقع افزودن

مقادیر کمی از میکرویونها ، توده ای شدن را به وسیله افزایش حلالیت پلیمرها بهبود می بخشد و در این حالت پذیرش بار بیشتر می شود و در نتیجه جاذبه الکترواستاتیکی افزایش می یابد . کمپلکس سازی در نبود Nacl به خوبی انجام نمی گیرد چون کمپلکس ها استحکام لازم را برای تشکیل توده های مستحکم پیدا نمی کنند(۲۶ و ۲۷) .

سرعت همزن ، انتخاب ماده سخت کننده مناسب ، انتخاب حلال مناسب ، اثر قدرت یونی ، فرآیند میکروکپسولاسیون را تحت تأثیر قرار می دهد . در این روش از پلی وینیل الکل به عنوان حلال استفاده شد که الکل به علت دارا بودن قدرت یونی بالا و اعمال این قدرت یونی بر محلول ، استحکام محلول را بالا برده و اندازه ذرات را کوچکتر می نماید(۲۶ و ۲۷) .

لازم به توضیح است که در دماهای بالاتر از دمای ذوب ژلاتین [51] و دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتیگراد به علت دناتوره شدن ژلاتین ، فرآیند میکروکپسولاسیون مختل می شود و این دمای بالا به عنوان بازدارنده فرآیند عمل می کند(۲۶ و ۲۷) .

آنالیز بافت کپور فیتوفاگ با استفاده از روش۱۹۹۴ ،(AOAC(I &Π انجام شد که نتایج آن در جدول ۱-۲ گزارش شده است (۲۲) .

جدول ۱-۲ . آنالیز بافت فیتوفاگ (٪ وزنی)

نمونه های بافت	درصد چربی	درصد خاکستر	درصد پروتئین	درصد آب
بار اول	۵/۴۴	۱/۰۱	۱۷/۹۹	۷۳/۲۷
بار دوم	۵/۹۲	۱/۰۲	۱۸/۱۲	۷۲/۸۲
میانگین	۵/۶۸	۱/۰۱۵	۱۸/۰۵۵	۷۳/۰۴۵

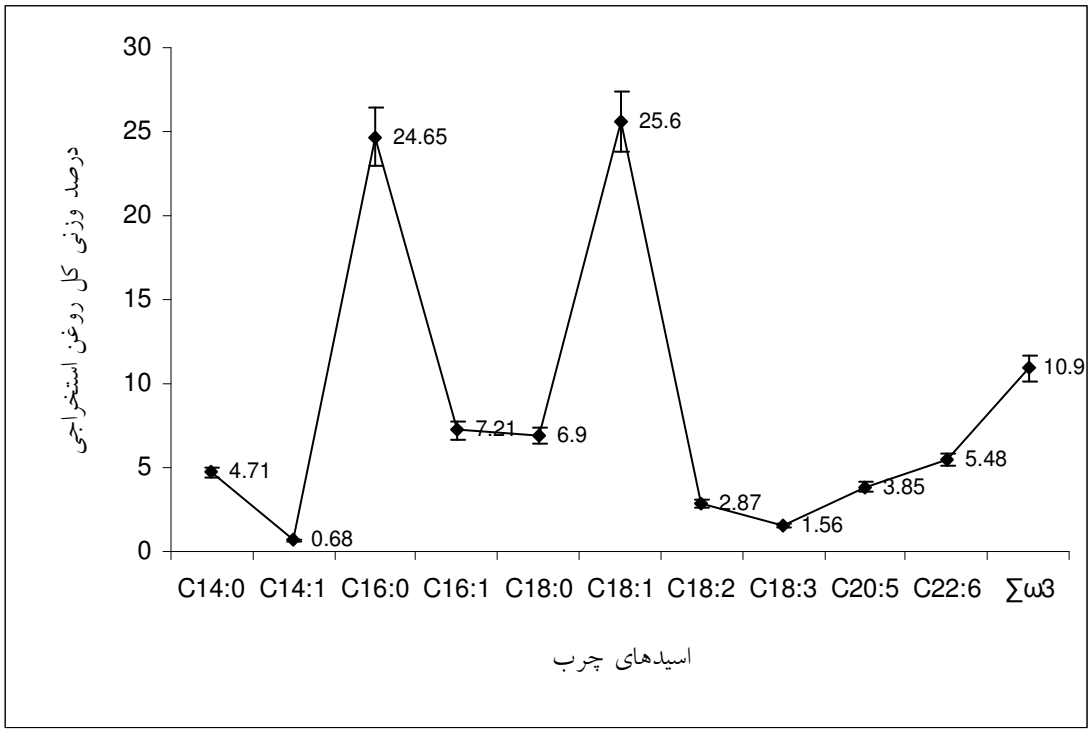
بار اول . اولین استخراج (۵۰ گرم نمونه)

بار دوم . دومین استخراج (۱۸۰۰ گرم نمونه)

سپس ترکیبات اسیدهای چرب روغن استخراج شده و خالص شده ازبافت ماهی فیتوفاگ توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی و بر اساس روش ۲۰۰۵ ، AOCS مشخص و تعیین شد(۵۲) .

[51]- Melting Point

۳- نتایج



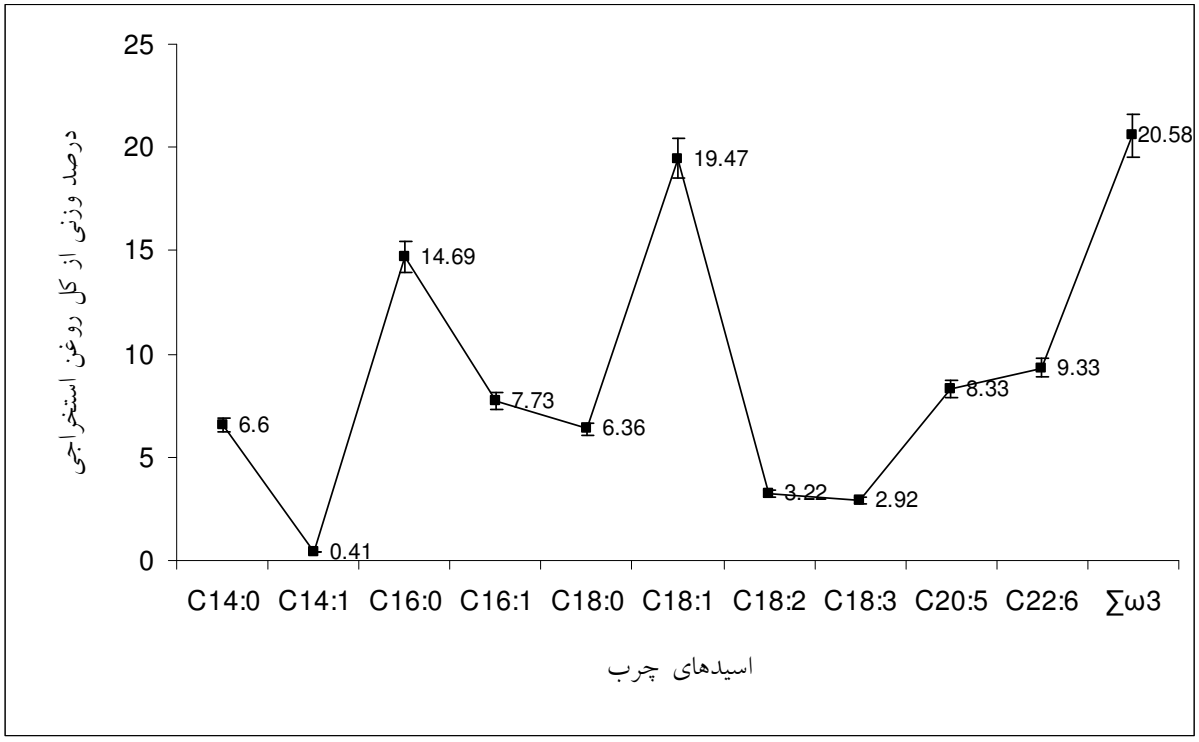
نمودار ۱-۳. پروفایل اسیدهای چرب استخراج شده از روغن کپور نقره ای بار اول بر حسب درصد وزنی

بار اول . اولین استخراج قبل از خالص سازی (۵۰ گرم نمونه)

$\sum\omega_3$: $\sum(C_{18:3}, C_{20:5}, C_{22:6})$

این نمودار مقدار EPA ، DHA ، آلفا لینولنیک اسید و در نهایت امگا-۳ را در روغن استخراج شده از ۵۰ گرم نمونه اولیه نشان می دهد . با توجه به پروفایل رسم شده ، اسیدهای چرب زنجیره کوتاه مانند $C_{16:0}$ و $C_{18:1}$ نسبت به اسیدهای چرب زنجیره بلند مانند $C_{20:5}$ و $C_{22:6}$، دارای مقادیر بزرگتری هستند .

با توجه به نمودار، میزان امگا-۳ حاصل شده از ۵۰ گرم نمونه کپور ماهی نقره ای در مرحله قبل از خالص سازی ۱۰/۹ ٪ وزنی از کل روغن استخراجی می باشد .

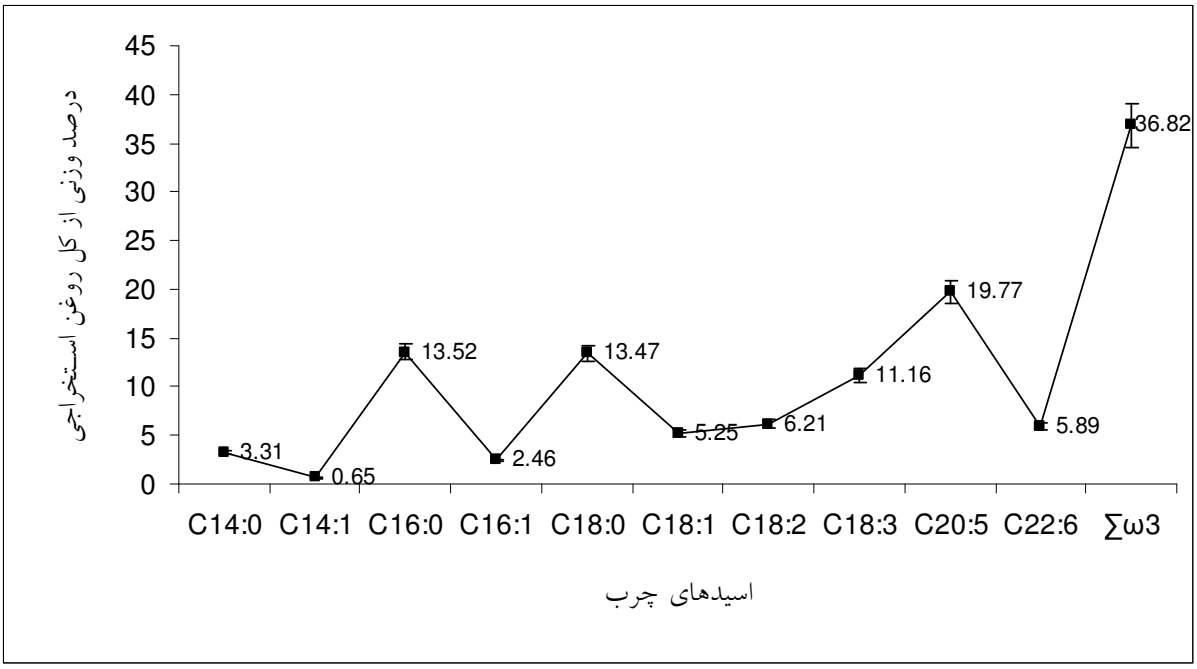


نمودار ۲-۳ . پروفایل اسیدهای چرب استخراج شده از روغن کپور نقره ای در بار دوم بر حسب درصد وزنی

بار دوم . دومین استخراج قبل از خالص سازی (۱۸۰۰ گرم نمونه)

$\sum\omega_3$: $\sum(C_{18:3}, C_{20:5}, C_{22:6})$

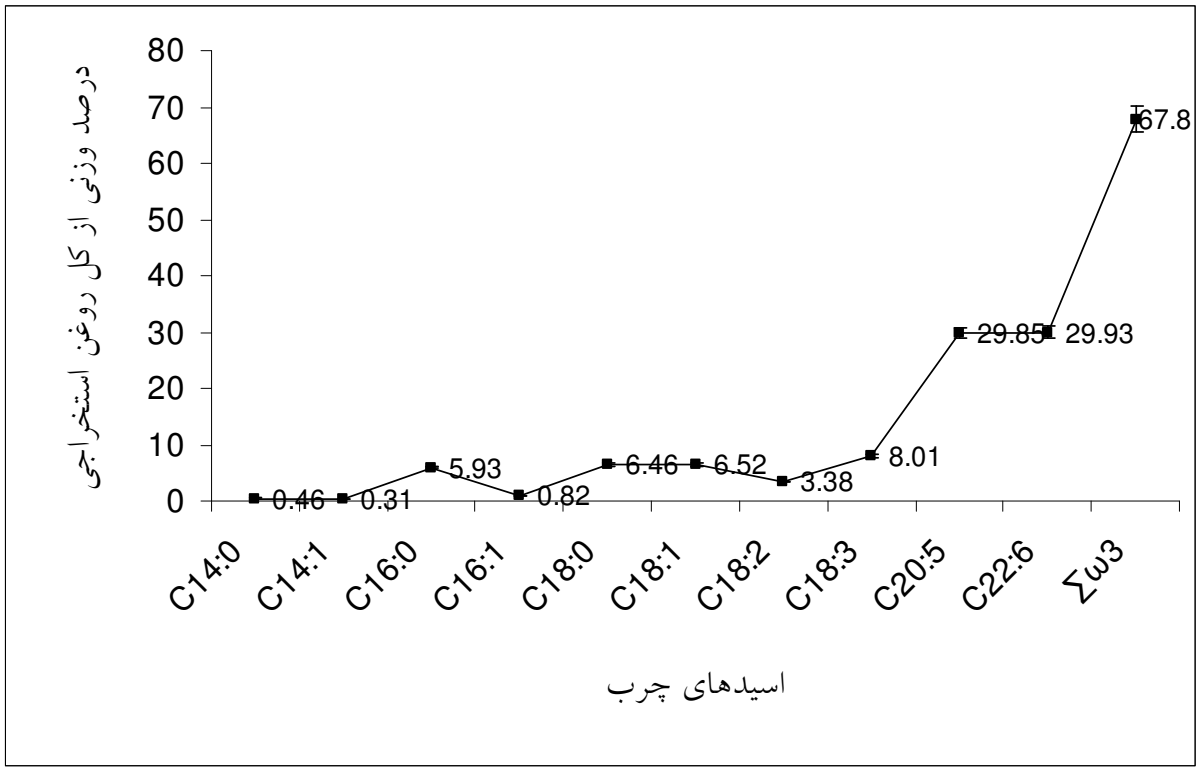
در این مرحله نیز با توجه به نمودار ۲-۳ ، بزرگی مقادیر اسیدهای چرب زنجیره کوتاه نسبت به اسیدهای چرب زنجیره بلند کاملاً واضح و مشخص است . در بار دوم روغن از مقدار بیشتری نمونه (g ۱۸۰۰) استخراج گردید . با توجه به نمودار، میزان امگا-۳ حاصل شده از ۱۸۰۰ گرم نمونه کپور ماهی نقره ای در مرحله قبل از خالص سازی ۲۰/۵۸٪ وزنی از کل روغن استخراجی می باشد .



نمودار ۳-۳. پروفایل اسیدهای چرب خالص سازی شده به روش کمپلکس اوره در دمای ^{oC} ۵+ .

$\sum\omega_3$: $\sum(C_{18:3}, C_{20:5}, C_{22:6})$

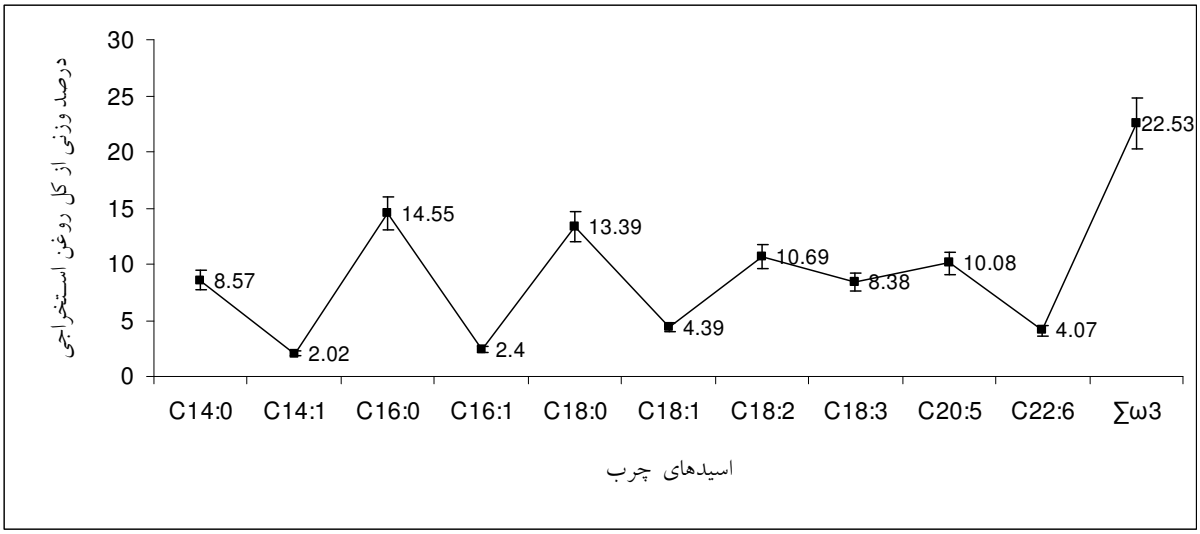
روش کمپلکس اوره در سه درجه حرارت متفاوت انجام گرفت و روند تغییرات پروفایل اسیدهای چرب زنجیره بلند و کوتاه و در نهایت امگا-۳ حاصله مورد ارزیابی قرار گرفت .در هر یک از این دماها ، در مقادیر اسیدهای چرب تغییراتی به وجود آمد که در نمودارهای ۳-۳ ، ۴-۳ و ۵-۳ کاملاً واضح و مشخص است . به طور مثال ، مقدار $C_{16:0}$ و $C_{18:1}$ که در نمودار ۲-۳ ، به ترتیب ۱۴/۶۹ ٪ و ۱۹/۴۷ ٪ بود در نمودار ۳-۳ پس از اعمال روش کمپلکس اوره به ترتیب به مقادیر ۱۳/۵۲ ٪ و ۵/۲۵ ٪ رسیده است . برعکس مقدار $C_{18:3}$ ، $C_{20:5}$ و $\sum\omega_3$ که در نمودار ۲-۳ به ترتیب ، ۲/۹۲ ٪ ، ۸/۳۳ ٪ و ۲۰/۵۸ ٪ بود در نمودار ۳-۳ پس از اعمال روش کمپلکس اوره افزایش یافته و به ترتیب برابر ۱۱/۱۶ ٪ ، ۱۹/۷۷ ٪ و ۳۶/۸۲ ٪ رسیده است . این موضوع نشان می دهد که حذف اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع زنجیره کوتاه به کمک اوره انجام گرفته است و به این ترتیب اسیدهای چرب زنجیره بلند از اسیدهای چرب زنجیره کوتاه جدا می شوند . در اینجا میزان $\sum\omega_3$ نسبت به روغن استخراج شده اولیه بیشتر اما نسبت به $\sum\omega_3$ خالص سازی شده در دمای ^{oC} ۱+ کمتر است .



نمودار ٤-۳. پروفایل اسیدهای چرب خالص سازی شده به روش کمپلکس اوره در دمای ^{o}C ۱+ .

$\sum\omega_3$: $\sum(C_{18:3}, C_{20:5}, C_{22:6})$

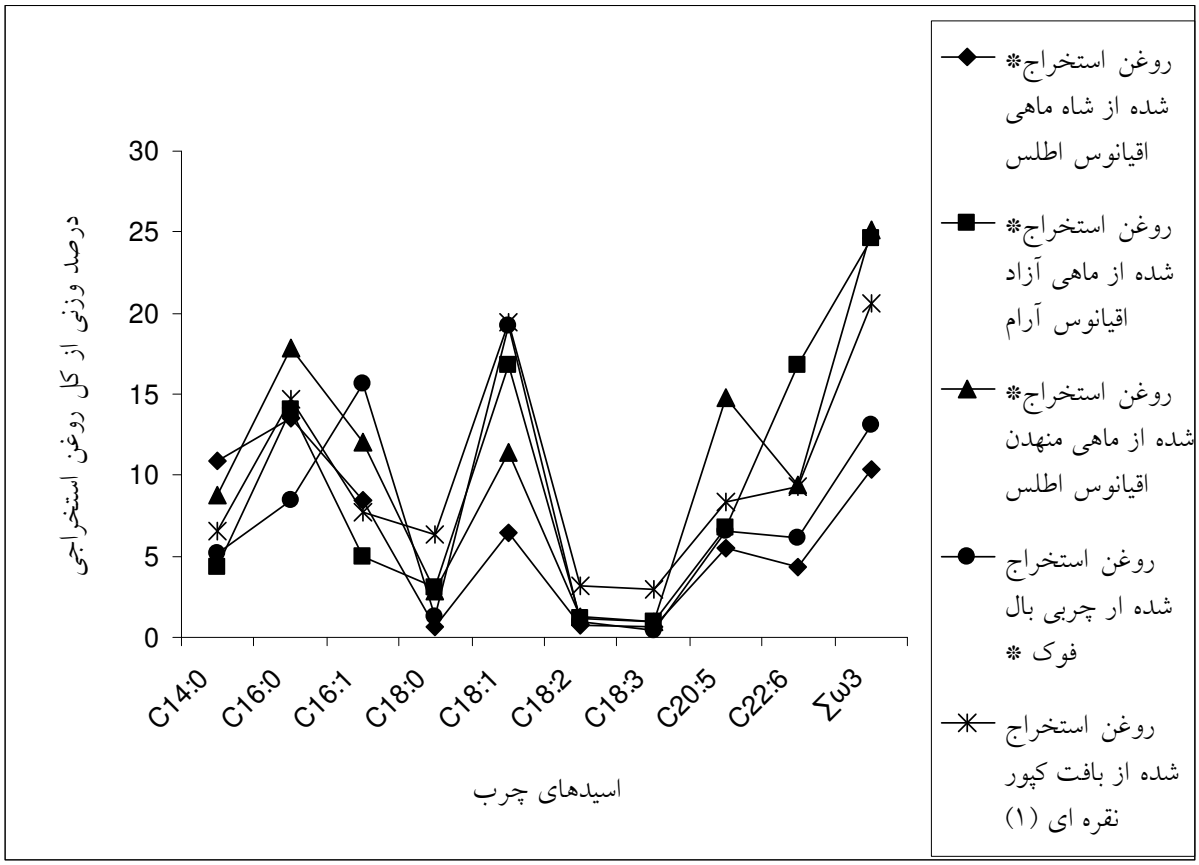
با توجه به نمودار ۴-۳ ، میزان اسیدهای چرب خالص سازی شده به روش کمپلکس اوره در دمای ^{o}C ۱+ بالاترین مقدار را دارد . به طور مثال میزان $C_{22:6}$،$C_{20:5}$ و $\sum\omega_3$ در نمودار ۴-۳ تحت شرایط دمایی ^{o}C ۵+ ، به ترتیب برابر ۱۹/۷۷ ٪ ، ۵/۸۹ ٪ و ۳۶/۸۲ ٪ بود . در حالیکه در نمودار ۴-۳ تحت شرایط دمایی ^{o}C ۱+ به ترتیب به ۲۹/۸۵ ٪ ، ۲۹/۹۳ ٪ و ۶۷/۸۰ ٪ رسیده است . بنابراین اپتی موم مقدار $\sum\omega_3$ در دمای ^{o}C ۱+ حاصل شده است . همچنین اسیدهای چرب زنجیره کوتاه در این دما به حداقل میزان خود رسیده اند و با اوره تشکیل کمپلکس داده اند . در اینجا میزان $\sum\omega_3$ هم نسبت به روغن استخراج شده قبل از خالص سازی و هم نسبت به $\sum\omega_3$ خالص سازی شده در ^{o}C ۵+ و ^{o}C ۵- بیشتر است .



نمودار ۵-۳ . پروفایل اسیدهای چرب خالص سازی شده به روش کمپلکس اوره در دمای ^{o}C ۵- .

$\sum\omega_3$: $\sum(C_{18:3}, C_{20:5}, C_{22:6})$

نمودار ۵-۳ میزان اسیدهای چرب خالص سازی شده به روش کمپلکس اوره را در دمای ^{o}C ۵- نشان می دهد که در این نمودار نیز میزان $\sum\omega_3$ نسبت به روغن استخراج شده قبل از خالص سازی ، بیشتر است اما نسبت به $\sum\omega_3$ خالص سازی شده در ^{o}C ۱+ کمتر است که این امر دلیل بر اپتی موم بودن درجه حرارت ^{o}C ۱+ جهت خالص سازی اسیدهای چرب امگا-۳ به روش کمپلکس اوره می باشد .



نمودار ٦-۳ . مقایسه درصد وزنی اسیدهای چرب روغن استخراج شده از کپور نقره ای با انواع ماهیان دیگر

* : نتایج به دست آمده از تحقیق Ratnayake *et al*,2006 (۴۷)

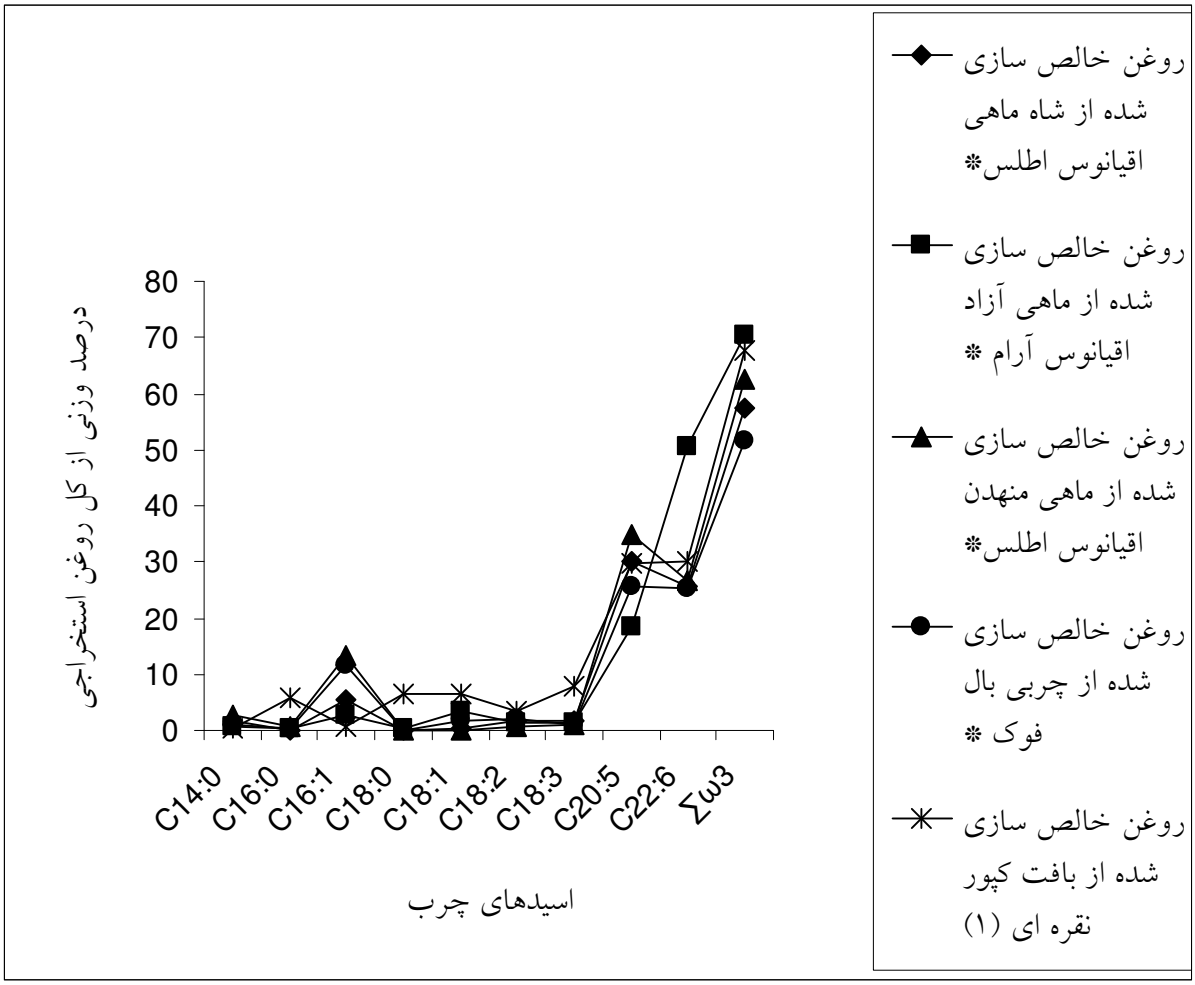
(۱) : نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر

$\sum\omega_3$: $\sum(C_{18:3}, C_{20:5}, C_{22:6})$

نمودار ۶-۳ اسیدهای چرب روغن استخراج شده از کپور نقره ای را با ماهیان دیگری که ماهیان اقیانوسی هستند مقایسه می کند . با توجه به اینکه کپور نقره ای از جمله ماهیان پرورشی می باشد و اصولاً این گونه ماهیان نسبت به ماهیان دریایی و اقیانوسی از درصد چربی و اسیدهای چرب کمتری برخوردارند اما این نمودار نشان می دهد که $\sum\omega_3$ استخراج شده از کپور نقره ای قبل از خالص سازی به صورت قابل ملاحظه ای نزدیک به $\sum\omega_3$ ماهیان دریایی و اقیانوسی است . $\sum\omega_3$ کپور نقره ای قبل از خالص سازی برابر

۲۰/۵۸ ٪ وزنی می باشد در حالیکه $\sum\omega_3$ شاه ماهی[۵۲] ، ماهی آزاد[۵۳] ، ماهی منهدن[۵۴] و فوک[۵۵] به ترتیب برابر با ۱۰/۴ ٪ ، ۲۴/۶ ٪ ، ۲۵/۱ ٪ و ۱۳/۱ ٪ می باشد .

[52]- Atlantic Herring
[53] - Pacific Salmon



نمودار ۷-۳ . مقایسه درصد وزنی اسیدهای چرب روغن خالص سازی شده کپور نقره ای با انواع ماهیان دیگر

* : نتایج به دست آمده از تحقیق Ratnayake *et al*,2006 (۴۷)

(۱) : نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر

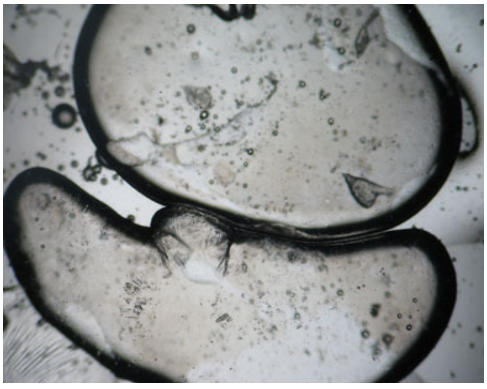
$\sum\omega_3$: $\sum(C_{18:3}, C_{20:5}, C_{22:6})$

پس از خالص سازی به روش کمپلکس اوره در دمای ^{oC} ۱+ ، می توان مقدار $\sum\omega_3$ روغن کپور نقره ای را با $\sum\omega_3$ روغن ماهیان دریایی و اقیانوسی مقایسه کرد . همان طور که نمودار ۷-۳ نشان می دهد ، $\sum\omega_3$ روغن کپور نقره ای بسیار نزدیک به $\sum\omega_3$ روغن ماهی آزاد است که این امر نشان می دهد که کپور نقره ای دارای پتانسیل خوبی برای تولید امگا-۳ است و با اینکه یک ماهی پرورشی است اما $\sum\omega_3$ آن در حد ماهیان دریایی و اقیانوسی

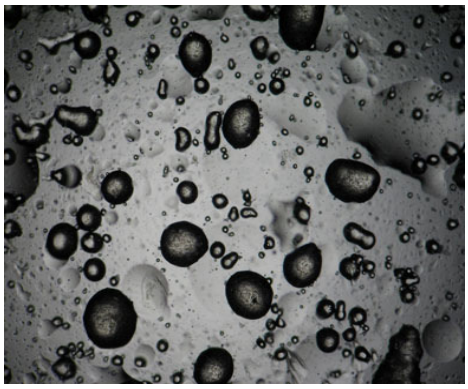
[54] - Atlantic Manhadan
[55] - Seal Blubber

است . $\sum\omega_3$ روغن خالص سازی شده کپور نقره ای برابر ۶۷/۸ ٪ می باشد در حالی که $\sum\omega_3$ روغن خالص سازی شده شاه ماهی ، ماهی آزاد ، ماهی منهدن و فوک به ترتیب برابر با ۵۷/۴ ٪ ، ۷۰/۴ ٪ ، ۶۲/۵ ٪ و ۵۱/۷ ٪ می باشد . خالص سازی امگا-۳ از روغن ماهیان به روش کمپلکس اوره نشان می دهد که بیشتر آنها خلوصی بین ۷۰/۴ -۵۱/۷۰ ٪ دارند . قیمت پایین کپور نقره ای در مقایسه با سایر ماهیان اقیانوس ، دردسترس بودن این ماهی در تمام فصول سال ، سطح بالای اسیدهای چرب امگا-۳ این ماهی در مقایسه با سایر ماهیان و پروفایل یکسان آن از نظر اسیدهای چرب امگا-۳ با ماهی آزاد اقیانوس آرام نشان می دهد که ماهی کپور نقره ای از پتانسیل خوبی برای تولید اسیدهای چرب امگا-۳ بهره مند است .

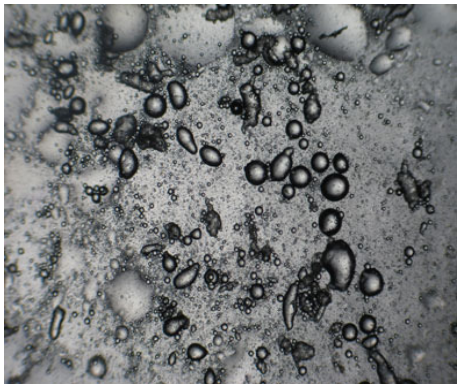
شکل ظاهری ساختمان میکروکپسولها از نظر کروی بودن و یکنواختی سطح با میکروسکوپ نوری و بزرگنمایی ۳ و ۱۰ بررسی شد . اندازه ذرات میکروکپسول در دورهای متفاوت همزن از۱۰۰ rpm تا ۱۰۰۰rpm ، بین۵۰۰ µm تا ۴µm متغیر بود . شکل های ۱-۳ تا ۱۷-۳ شکل ظاهری (مورفولوژی) و میانگین توزیع اندازه میکروکپسول ها را بعد از توده ای شدن و قرار گرفتن در دورهای متفاوت همزن ، نشان می دهد .



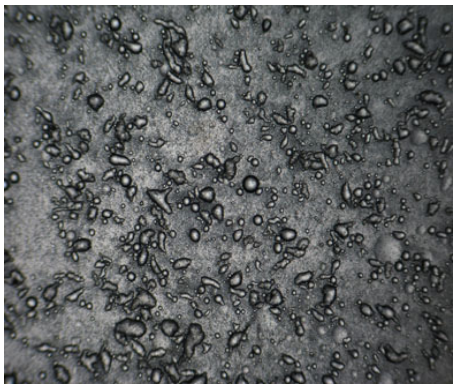
شکل ۱-۳ . میکروکپسول ها در ۱۰۰ rpm



شکل ۲-۳. میکروکپسول ها در rpm ۳۰۰



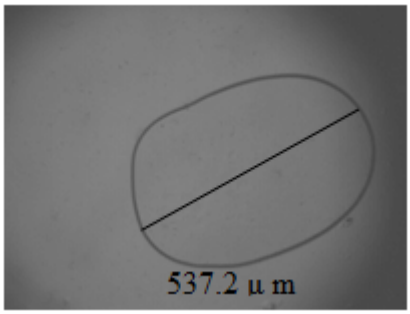
شکل ۳-۳. میکروکپسول ها در rpm ۵۰۰



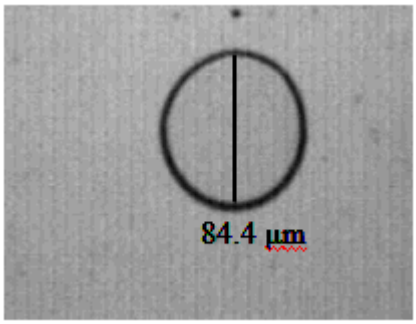
شکل ٤-۳. میکروکپسول ها در rpm ۷۵۰

شکل ۵-۳. میکروکپسول ها در rpm ۱۰۰۰

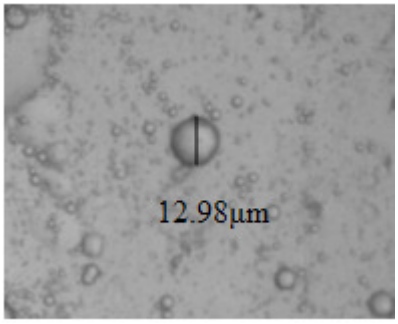
با توجه به شکل های ۱-۳ تا ۵-۳ ، با افزایش سرعت همزن ، میکروکپسول ها کروی تر شده و یکنواختی سطوح بیشتر نمایان می شود . همین طور اندازه گیری ذرات توسط دستگاه آنالایزر انجام گرفت و نتایج آن در شکلهای ۶-۳ تا ۱۰-۳ نشان داده شده است . همانطور که این اشکال نشان می دهد ، با افزایش سرعت همزن ، میکروکپسول ها دارای اندازه های کوچکتر و محدودتری می شوند .



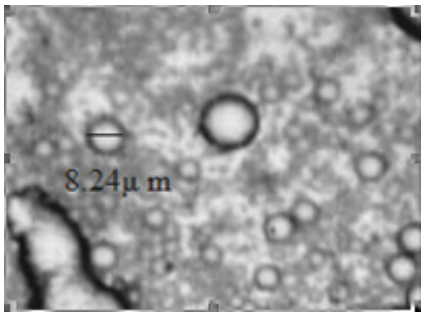
شکل ٦-۳ . توزیع اندازه میکروکپسول ها در ۱۰۰ rpm



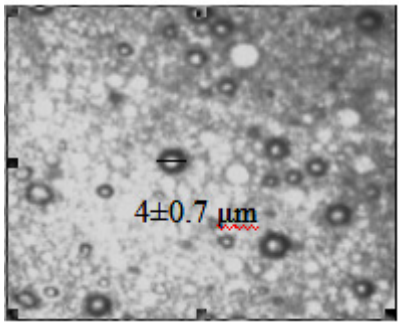
شکل ۷-۳ . توزیع اندازه میکروکپسول ها در ۳۰۰ rpm



شکل ۸-۳ . توزیع اندازه میکروکپسول ها در ۵۰۰ rpm

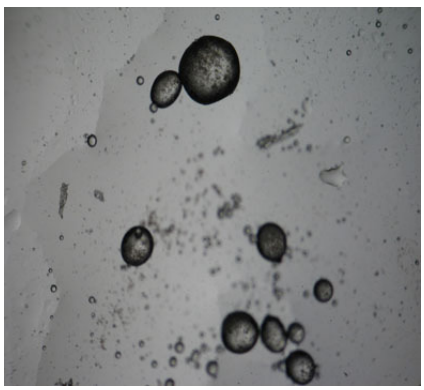


شکل ۹-۳. توزیع اندازه میکروکپسول ها در rpm ۷۵۰

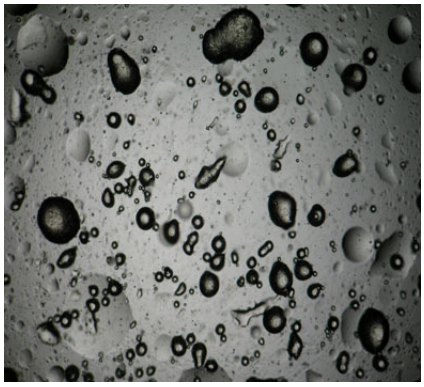


شکل ۱۰-۳. توزیع اندازه میکروکپسول ها در rpm ۱۰۰۰

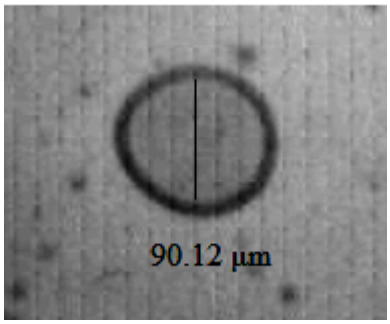
وقتی گلوتارآلدئید به جای فرمالدئید به عنوان عامل اتصال دهنده استفاده می شود آزمایشات نشان می دهد که شکل ظاهری کروی تر شده و میانگین توزیع اندازه ذرات محدودتر می شود (شکل های ۱۱-۳ تا ۱۴-۳) .



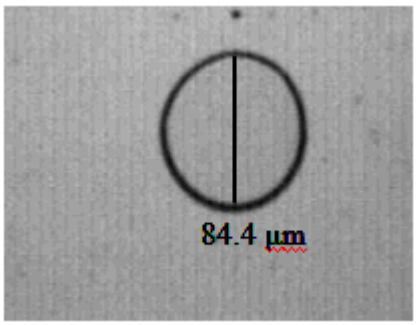
شکل ۱۱-۳. میکروکپسول ها با فرمالدئید



شکل ۱۲-۳ . میکروکپسول ها با گلوتارآلدئید



شکل ۱۳-۳ .میانگین توزیع اندازه میکروکپسول ها با فرمالدئید در ۳۰۰ rpm



شکل ١٤-٣ . میانگین توزیع اندازه میکروکپسول ها با گلوتارآلدئید در ۳۰۰ rpm

شکل ۱-۳ تا ۵-۳ اثر سرعت همزن را بر روی شکل ظاهری میکروکپسول ها نشان می دهد . وقتی سرعت همزن ۱۰۰ rpm است اندازه ذرات بزرگتر بوده و مقدار روغن در میکروکپسول ها با اندازه های متفاوت، با هم اختلاف معناداری دارند . شکل های ۶-۳ تا ۱۰-۳ توزیع اندازه ذرات را در سرعتهای متفاوت همزن نشان می دهد. طبق نتایج آزمایش اندازه میکروکپسولها در دورهای ۱۰۰ rpm، ۳۰۰ rpm، ۵۰۰ rpm، ۷۵۰ rpm و ۱۰۰۰ rpm به ترتیب برابر با ۵۳۷/۲ µm ، ۸۴/۴ µm ، ۱۲/۹۸ µm ، ۸/۲۴ µm و ۰/۷ ± ۴ µm بود .

این در حقیقت به این دلیل است که در دورهای پایین همزن ، مقدار بیشتری امولسیون به داخل میکروکپسول می افتد و به این ترتیب اندازه میکروکپسول بزرگتر شده و روغن بیشتری را در خود جای می دهد . با کاهش

سرعت همزن میانگین اندازه ذرات میکروکپسول افزایش می یابد و توزیع اندازه ذرات نیز عریض تر می شود اما وقتی سرعت همزن به زیرrpm ۱۰۰ برسد میکروکپسول ها نمی توانند تشکیل شوند . وقتی سرعت همزن از rpm ۵۰۰ به rpm ۳۰۰ می رسد میانگین اندازه ذرات میکروکپسول از µm ۱۲/۹۸ به µm ۸۴/۴ می رسد . همچنین وقتی سرعت همزن از rpm ۳۰۰ به rpm ۱۰۰ می رسد میانگین اندازه ذرات میکروکپسول از µm ۸۴/۴ به µm ۵۳۷/۲ می رسد . بنابراین تشکیل میکروکپسول ها با اندازه مطلوب تنظیم دور همزن امکان پذیر است . در دور همزن rpm ۱۰۰۰ ، میکروکپسول های کروی توزیع اندازه ذرات محدود تر و یکنواخت تری دارند که بهترین دور همزن می باشد .

وقتی گلوتار آلدئید به عنوان عامل اتصال دهنده به جای فرمالدئید استفاده می شود ، شکل ظاهری و توزیع اندازه ذرات میکروکپسول ها به طور کاملاً واضحی تغییر کرده و محدودتر می شود . که این عامل در این پروژه نیز مورد بررسی قرار گرفته است (شکل های ۱۱-۳ تا ۱۴-۳) .

در این پروژه از ژلاتین و صمغ عربی به عنوان مواد دیواره ای و روغن فیتوفاگ به عنوان هسته مرکزی استفاده شده است و اثر پارامترهای متفاوتی از جمله ، نوع عامل اتصال دهنده ، اثر دورهای متفاوت همزن ، اثر قدرت یونی با استفاده غلظتهای متفاوت نمک ، استفاده از پلی وینیل الکل و گلوتارآلدئید به صورت جداگانه و توأم و اثر دستگاه هموژنایزر در دورهای فوق العاده بالا یعنی rpm ۱۵۰۰۰ ، rpm ۳۰۰۰۰ ،rpm ۴۵۰۰۰ ، rpm ۶۰۰۰۰ و rpm ۷۵۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفته است .

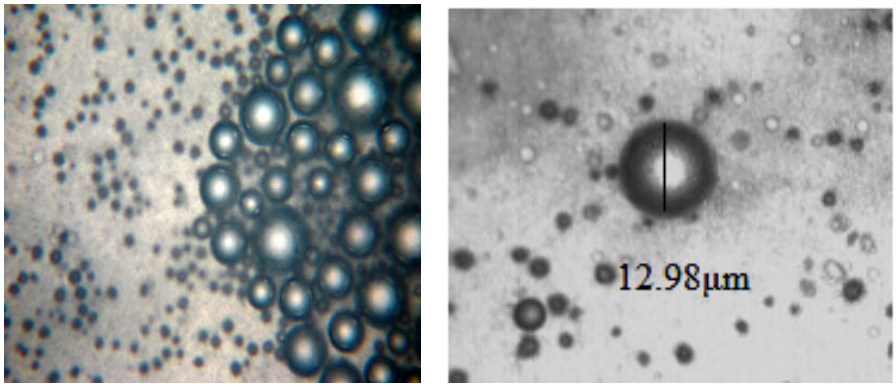
بهترین شرایط برای تهیه میکروکپسول های کروی به دست آمده در غلظتهای مواد دیواره ای ۱۲/۵ ٪ وزنی ، نسبت ۱ به ۱ هسته مرکزی به دیواره ،pH = ۴/۵-۵ ، دور همزن rpm ۱۰۰۰ و با استفاده از گلوتارآلدئید به جای فرمالدئید ، به عنوان عامل اتصال دهنده به همراه پلی وینیل الکل می باشد . که در چنین شرایطی

مورفولوژی و شکل ظاهری ذرات میکروکپسول کروی تر و یکنواخت تر ، ذرات منظم تر ، سطوح صاف تر می شوند و میانگین توزیع اندازه ذرات نیز محدود تر می شود .

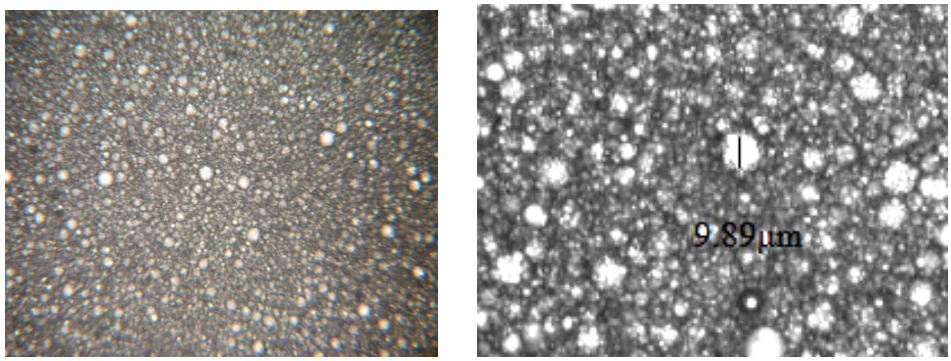
شکل های ۱۵-۳ تا ۱۸-۳ اثر پلی وینیل الکل و گلوتارآلدئید را به صورت جداگانه و توأم بر روی شکل ظاهری و میانگین توزیع اندازه ذرات در بهترین دور همزن یعنی rpm ۱۰۰۰ نشان می دهد .

با توجه به این شکل ها می توان دریافت که بهترین حالت زمانی است که پلی وینیل الکل و گلوتارآلدئید ، توأم استفاده شوند .

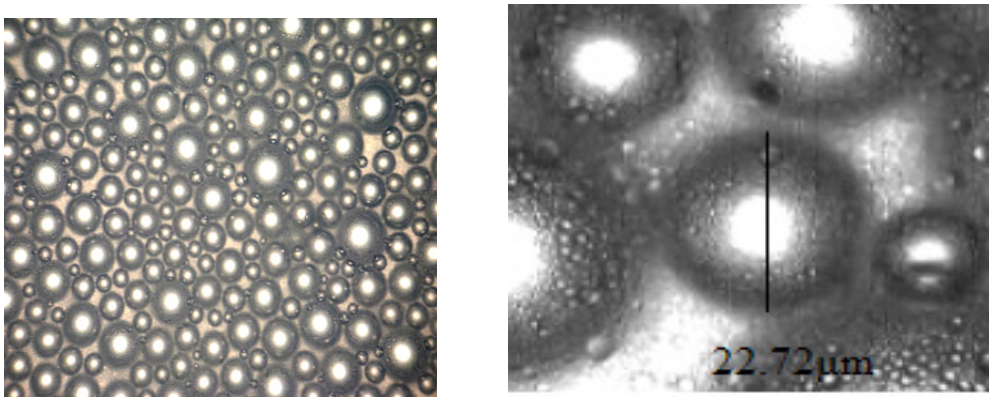
همانطور که شکل ۱۸-۳ نشان می دهد ، ضمن آن که میکروکپسول ها از نظر شکل ظاهری یکنواخت تر هستند و سطوح کروی تری دارند ، اندازه ذرات آنها نیز در این حالت بسیار کوچک می باشد . پلی وینیل الکل با افزایش قدرت یونی و گلوتارآلدئید با ایجاد شبکه تقاطعی بهتر ، به کروی تر شدن میکروکپسول ها و یکنواخت تر کردن میانگین توزیع اندازه ذرات و کوچکتر کردن اندازه ذرات کمک مؤثری می کند .



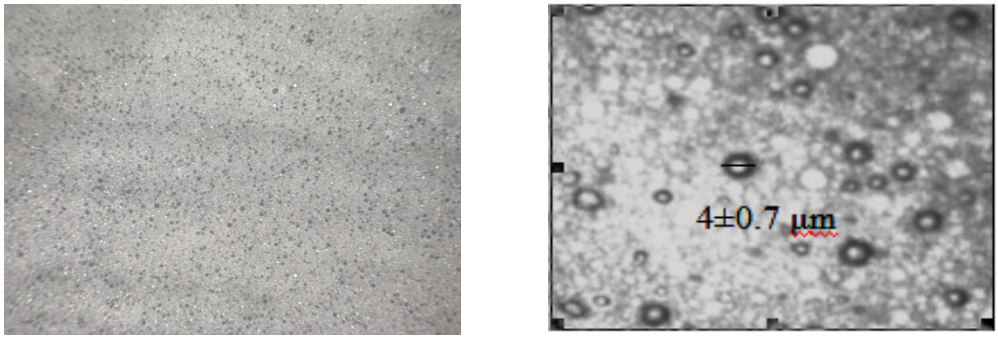
شکل ۱۵-۳ . مورفولوژی و توزیع اندازه میکروکپسول ها با پلی وینیل الکل و بدون گلوتارآلدئید در ۱۰۰۰ rpm



شکل ۱۶-۳ . مورفولوژی و توزیع اندازه میکروکپسول ها با گلوتارآلدئید و بدون پلی وینیل الکل در ۱۰۰۰ rpm



شکل ۱۷-۳ . مورفولوژی و توزیع اندازه میکروکپسول ها بدون پلی وینیل الکل و بدون گلوتارآلدئید در rpm ۱۰۰۰



شکل ۱۸-۳ . مورفولوژی و توزیع اندازه میکروکپسول ها با پلی وینیل الکل و گلوتار آلدئید در rpm ۱۰۰۰

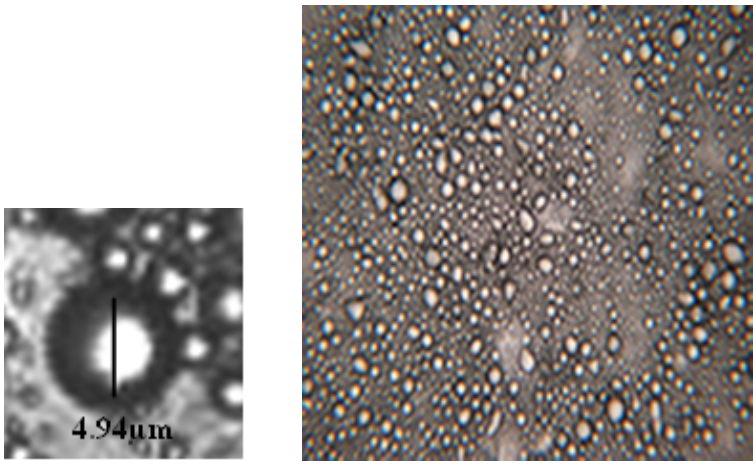
مقایسه اندازه میکروکپسول ها و شکل ظاهری آنها در شرایط مختلف عملیاتی نیز نشان می دهد که بهترین شرایط تولید میکروکپسول در دور rpm ۱۰۰۰ همراه با پلی وینیل الکل و گلوتارآلدئید می باشد (جدول ۲-۲) .

جدول ۲-۲ . مقایسه مورفولوژی و میانگین توزیع اندازه میکروکپسول ها در شرایط مختلف عملیاتی به روش کوآسرواسیون ترکیبی

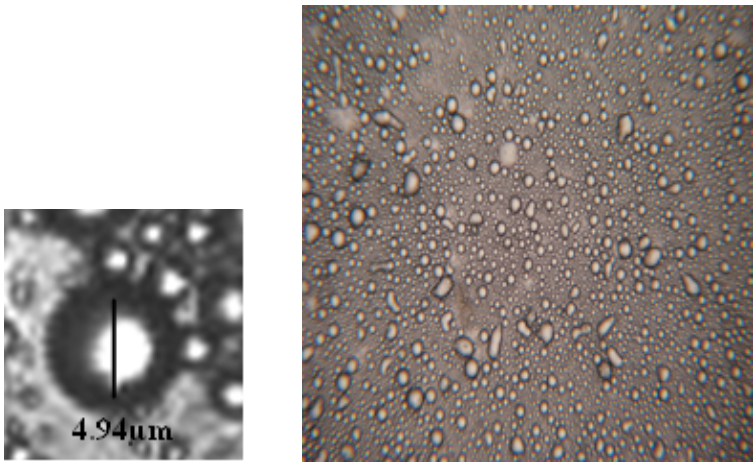
اندازه ذرات µm	مورفولوژی	پلی وینیل الکل	گلوتارآلدئید ٪۲۵	فرمالدئید ٪۱۰	سرعت همزن (rpm)
537.2	نامنظم	همراه	همراه	بدون	100
90.12	نامنظم	همراه	بدون	همراه	300
84.4	کروی تر	همراه	همراه	بدون	300
12.98	کروی	همراه	همراه	بدون	500
8.24	کروی تر	همراه	همراه	بدون	750
4 ± 0.7	خیلی منظم و کروی	همراه	همراه	بدون	1000
12.98	نامنظم	همراه	بدون	بدون	1000
9.89	نامنظم	بدون	همراه	بدون	1000
22.72	نامنظم	بدون	بدون	بدون	1000

شکل های ۱۹-۳ تا ۲۳-۳ مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها را در غلظت های متفاوت نمک نشان می دهد . حال اگر در این شرایط بهتر ، نمک Nacl با غلظت ۰/۱ مولار به فرآیند افزوده شود به دلیل آن که نمک باعث افزایش قدرت یونی می شود ، شکل ظاهری میکروکپسول ها کروی تر ، توزیع اندازه ذرات یکنواخت تر و اندازه ذرات به مراتب از قبل کوچکتر می شود که در چنین شرایطی اندازه های میکروکپسول ها به ۳/۳ µm می رسد (شکل ۲۱-۳) . نمودار ۸-۳ نیز مبین این امر است. این شکلها به وضوح مشخص می کند که کوچکترین اندازه میکروکپسول در غلظت ۰/۱ مولار نمک می باشد .

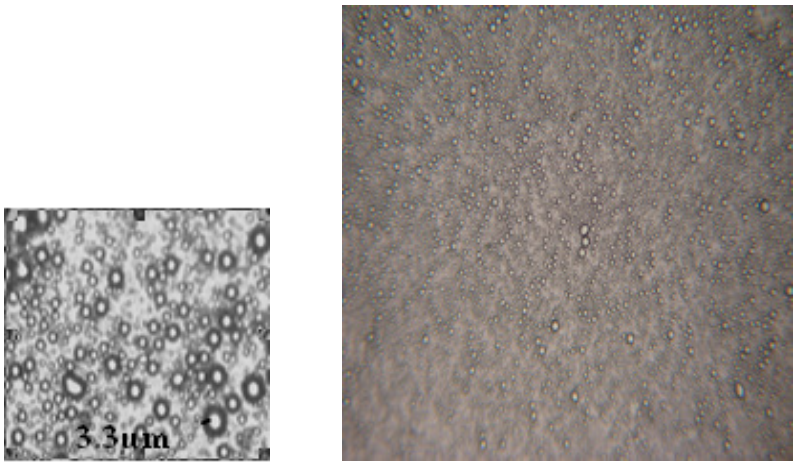
نتایج حاصل از شکل ها و نمودار نشان می دهد که در غلظتهای ۰/۰۵ و ۰/۰۱ مولار نمک ، مورفولوژی و اندازه ذرات ثابت بوده و تغییری نمی کند . اما در غلظت ۰/۱ مولار نمک ، ضمن آن که اندازه ذرات به کوچکترین مقدار خود می رسد ، شکل ظاهری آنها نیز کروی تر و میانگین توزیع اندازه ذرات نیز یکنواخت تر از قبل می شود . اما با افزایش غلظت نمک در غلظت های ۰/۲ و ۰/۳ مولار نمک ، علاوه بر افزایش اندازه ذرات ، شکل ظاهری آنها نیز نامنظم تر و غیر یکنواخت تر می شود .



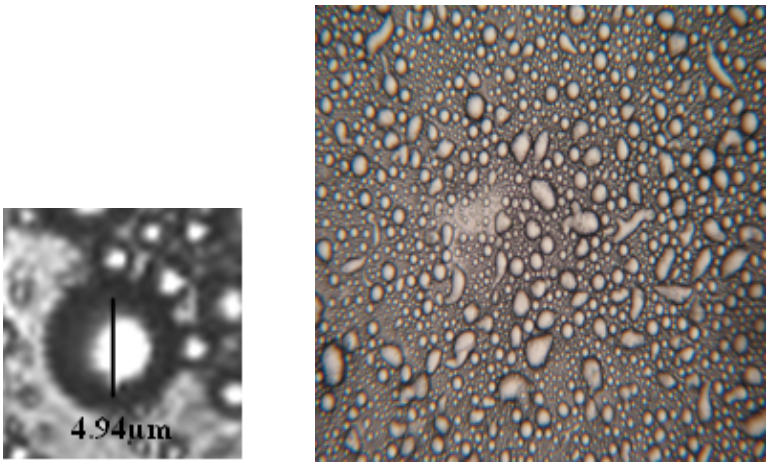
شکل ۱۹-۳ .مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در غلظت ۰/۰۱ مولار نمک



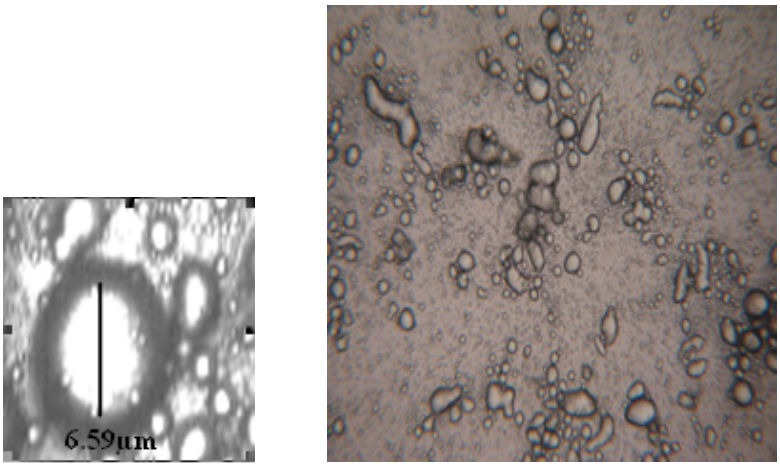
شکل ۲۰-۳ .مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در غلظت ۰/۰۵ مولار نمک



شکل ۲۱-۳ .مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در غلظت ۰/۱ مولار نمک

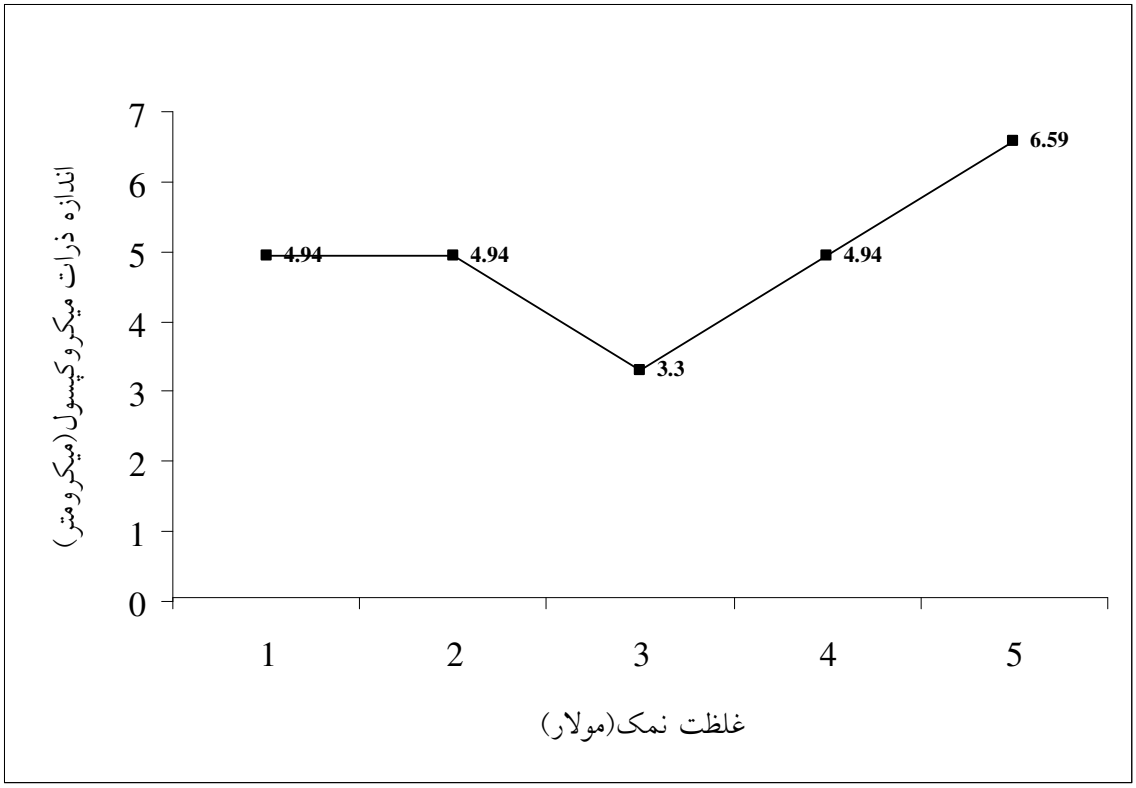


شکل ۲۲-۳ .مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در غلظت ۰/۲ مولار نمک



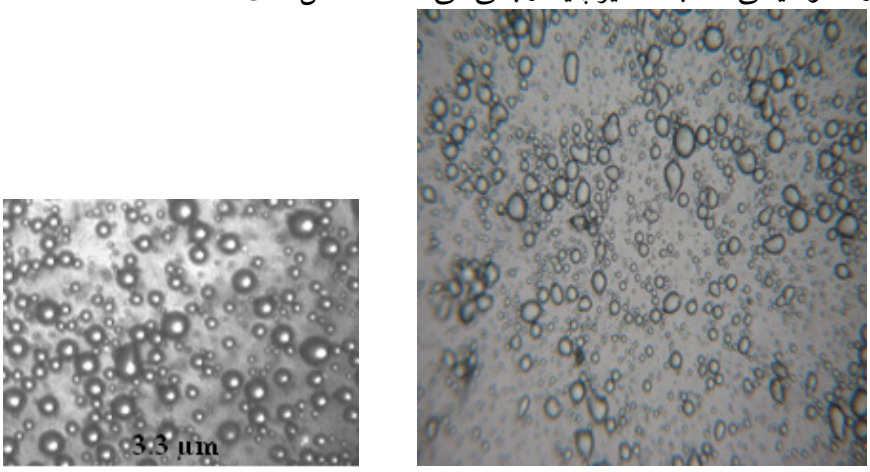
شکل ۲۳-۳. مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در غلظت ۰/۳ مولار نمک

نمودار (۸-۳) اندازه ذرات میکروکپسول را در غلظتهای متفاوت نمک Nacl نشان می دهد .نمودار نشان می دهد که کوچکترین اندازه ذرات میکروکپسول در غلظت ۰/۱ مولار نمک می باشد .

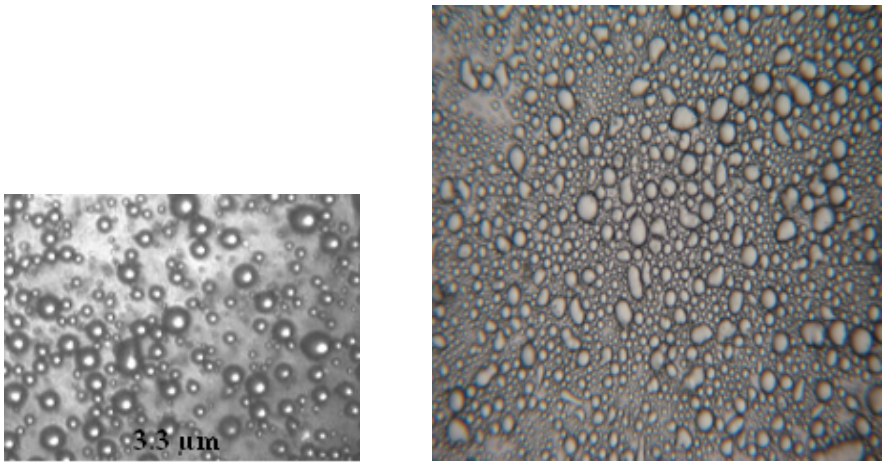


نمودار ۸-۳ . اثر غلظت های متفاوت نمک بر اندازه میکروکپسول ها

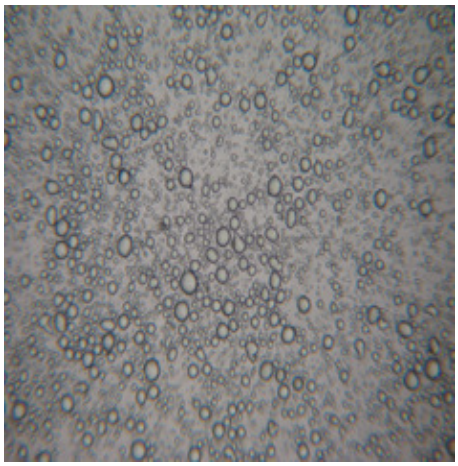
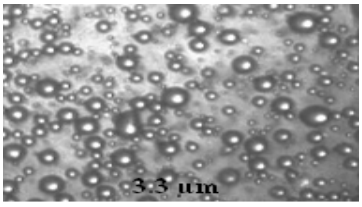
سپس جهت بررسی پایداری میکروکپسول ها از هموژنایزر با دور بالا استفاده شد که نتایج نشان داد که میکروکپسول های حاصل شده در دورهای rpm ۷۵۰۰۰- ۱۵۰۰۰ نیز پایدارند و از بین نمی روند و در کوچکترین اندازه خود یعنی μ m ۳/۳ نیز پایدار باقی می مانند (شکل های ۲۴-۳ تا ۲۸-۳) .



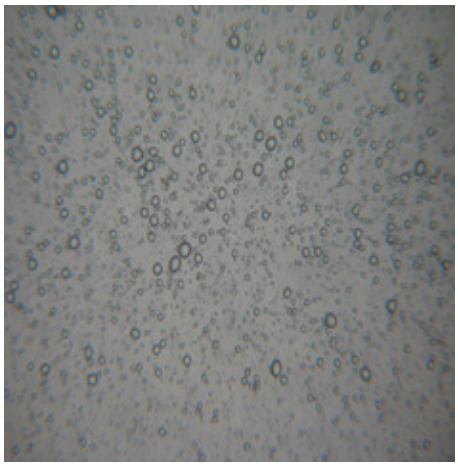
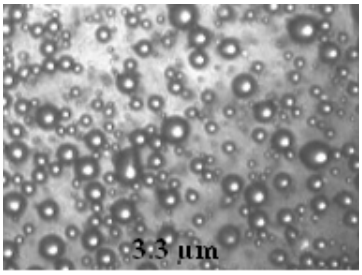
شکل ۲٤-۳. مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در هموژنایزر با دور rpm ۱۵۰۰۰



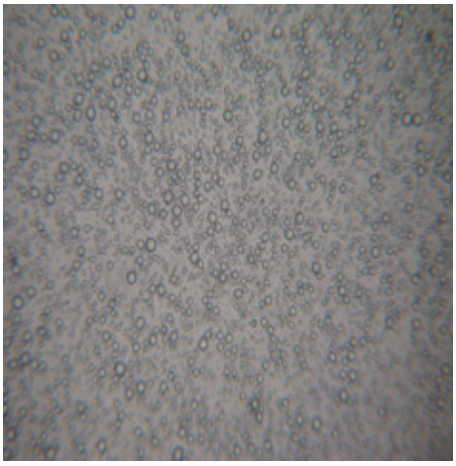
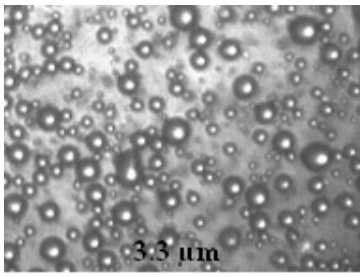
شکل ۲۵-۳ . مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در هموژنایزر با دور rpm ۳۰۰۰۰

شکل ۲۶-۳ . مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در هموژنایزر با دور rpm ۴۵۰۰۰

شکل ۲۷-۳ . مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در هموژنایزر با دور rpm ۶۰۰۰۰

شکل ۲۸-۳ . مورفولوژی و اندازه میکروکپسول ها در هموژنایزر با دور rpm ۷۵۰۰۰

شکل های ۲۴-۳ تا ۲۸-۳ نشان می دهد که میکروکپسول های به دست آمده در شرایط مطلوب ، حتی در بالاترین دور هموژنایزر یعنی rpm ۷۵۰۰۰ ، نیز پایدارند و اندازه µ m ۳/۳ را حفظ نموده اند .

٤- بحث

تغلیظ اسیدهای چرب امگا -۳ موجود در روغن ماهی فیتوفاگ به روش کمپلکس اوره انجام شده است. این تحقیق در شرایط آزمایشگاهی انجام شده و طی آن اسیدهای چرب ناخواسته حذف گردید در ابتدا طی واکنش صابونی شدن مواد صابونی (اسیدهای چرب) از مواد غیر صابونی (گلیسرول) جدا گردید. مواد صابونی شامل اسیدهای چرب اشباع، منواشباع و غیر اشباع هستند با اضافه کردن اوره به نسبت ۳ به ۱ از اوره و اسید چرب و تشکیل کریستال اسیدهای چرب – اوره (UCF)[۵۶]، اسیدهای چرب منواشباع و غیر اشباع از بقیه اسیدهای چرب جدا شده است. تولید کمپلکس اوره – اسید چرب با سه شرایط متفاوت شامل ۱، ۵+ و ۵- درجه سانتی‌گراد انجام شده است. در نتیجه غلظت سایر اسیدهای چرب باقی مانده که شامل اسیدهای چرب غیر اشباع هستند افزایش یافت که با اوره کمپلکس تشکیل نداده است (NUCF). در مرحله بعد، اسیدهای چرب غیر اشباع (PUFA) ابتدا در دمای ^{C}۷۰° تحت واکنش اتیلاسیون قرار گرفته و سپس در دمای ۳۰- درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری و آن قسمت از اسید چرب که منجمد نشده و در لایه بالایی قرار دارد بعنوان اسیدهای چرب امگا -۳ جداسازی و با دستگاه گاز کروماتوگرافی شناسایی و تعیین مقدار شده‌اند. Ratnayake, 1988 و همکارانش بهترین نسبت وزنی اوره به اسیدهای چرب را ۳ به ۱ گزارش نموده‌اند (که مورد استفاده این تحقیق هم می‌باشد). با این نسبت غلظت EPA + DHA در NUCF به حداکثر خودش می‌رسد که در تحقیق خود این نسبت را گزارش نموده است (۴۷ و ۳۹) .

در مرحله جداسازی UCF و NUCF در ۱ درجه سانتی‌گراد در بین اسیدهای چرب امگا -۳، اسیدهای چرب C۱۸:۳ و DHA تقریبا فقط در NUCF یافت می شوند و قسمت اعظم EPA هم در قسمت NUCF باز یافت می شود ولی بقیه EPA به همراه تولیدکمپلکس اوره (UCF) از دسترس خارج می شود بازیافت EPA باقی‌مانده از کمپلکس اوره که مقدار آن جزئی هم می‌باشد(۴۷ و ۵۸) ، در تولید انبوه امکان پذیر هست که در این تحقیق انجام نشده است. با این روش تغلیظ میزان اسیدهای چرب امگا-۳ در روغن از میانگین ۲۰/۵۸ درصد وزنی به ۶۸درصد وزنی افزایش یافت .

---

[56]- Urea Complex Fatty Acid

مرحله جداسازی UCF و NUCF که در درجه حرارت‌های ۵+ و ۵- درجه سانتی‌گراد انجام گرفته و مقدار هر یک از اسیدهای چرب امگا-۳ و در مجموع کاهش قابل توجهی نشان می‌دهد و به ترتیب به ۳۶/۸۲ و ۲۲/۵۳ درصد وزنی کاهش یافته است. Ratnayake و همکاران در سال ۱۹۸۸، نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند که در دمای پایین مقدار EPA در UCF بطور ناگهانی افزایش و درNUCF کاهش یافت. این نشان می‌دهد که گرایش EPA برای تشکیل کمپلکس افزایشی اوره –اسید چرب زیاد و بیشتر از C۱۸:۳ و DHA می‌باشد (۴۷ و ۳۸) .

آنها باز یافت ۱۰۰ درصد C۱۸:۳ و DHA و ۶۰ درصد EPA را از NUCF گزارش نمودند (۴۰ درصد EPA در UCF) (۴۷) .

خالص سازی و تغلیظ اسیدهای چرب امگا-۳ به روش کمپلکس اوره انجام شد . حذف اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع زنجیره کوتاه به کمک جزء اوره انجام می گیرد .حذف این اسیدهای چرب ، امکان دریافت EPA و DHA را با خلوص بیشتری فراهم می کند به طوری که خلوص EPA و DHA بیشتر از ۵۹/۷۸ ٪ وزنی در ^{o}C ۱+ بود و استخراج امگا-۳ (EPA ، DHA و آلفا- لینولنیک اسید) در ^{o}C ۱+ به بیش از ۶۷/۸۰ ٪ وزنی رسید . به این ترتیب اسیدهای چرب زنجیره بلند از اسیدهای چرب زنجیره کوتاه جدا می شوند . در درجه حرارت ^{o}C ۵- حذف کامل اسیدهای چرب زنجیره کوتاه به خصوص $C_{14:0}$ ، $C_{16:0}$ و $C_{16:1}$ به سختی انجام می گیرد (۴۵ و ۴۶) .

بر طبق تحقیقاتی که در گذشته انجام شده است ، نتایج نشان می دهد که EPA نسبت به DHA به ویژه در درجه حرارت های پایین(^{o}C ۵-) ، گرایش بیشتری به تشکیل کمپلکس با اوره دارد ، که در این درجه حرارت بازده کلی EPA در NUCF پایین است (۴۴ و ۴۷)

اپتی موم درجه حرارت برای بازیافت EPA در ^{o}C ۱+ می باشد که نتایج آن در نمودار ۴-۴ به وضوح مشخص است . در این درجه حرارت بازیافت EPA و DHA بالاست و به بیشتر از ۵۹/۷۸ ٪ می رسد .

اسیدهای چرب امگا-۳ از جمله تمام DHA ، در بخش NUCF وارد می شود ، بیشترین قسمت EPA نیز در NUCF وارد می شود و تنها قسمت کمی از EPA در بخش UCF با اوره تشکیل کمپلکس می دهد که این مقدار طبق تحقیقات انجام شده در گذشته نزدیک به ۶/۷۷-۶/۶۹ ٪ می باشد که در مقایسه با مقدار وارد شده در بخش NUCF بسیار ناچیز بوده و در این پروژه در نظر گرفته نشده است (۵۵) . بنابراین نتیجه این تحقیقات نشان می دهد که EPA نسبت به DHA به ویژه در درجه حرارت های پایین گرایش بیشتری به تشکیل کمپلکس با اوره

دارد . در این تحقیق کمپلکس اوره با روغن کپور فیتوفاگ افزایش اسیدهای چرب امگا-۳ را در NUCF تا نزدیک به ۶۷/۸۰ ٪ نشان می دهد . لازم به توضیح است که حذف کامل همه اسیدهای چرب اشباع در تغلیظ و خالص سازی تا نزدیک ۱۰۰٪ دشوار است در روش کمپلکس اوره نیز بعضی از اسیدهای چرب اشباع در طول فرایند کریستالیزاسیون با اوره تشکیل کمپلکس نمی دهند (۴۴،۳۲ ، و ۴۷) .

در این آزمایش نسبت وزنی اوره به اسیدهای چرب به نسبت ۳ به ۱ در وضعیت اپتی موم نگاه داشته شد (۴۷) .در درجه حرارتهای متفاوت اسیدهای چرب زنجیره بلند غیر اشباع نیز به خصوص $C_{22:6}$ نسبت به اسیدهای زنجیره کوتاه مانند$C_{14:0}$ ، $C_{16:0}$ ، به آسانی با اوره تشکیل کمپلکس می دهند (۴۵ و ۴۶) که اپتی موم درجه حرات ^{oC} ۱+ حاصل شده است که در آن مقدار اسیدهای چرب زنجیره کوتاه به حداقل میزان خود رسیده و بر عکس مقدار اسیدهای چرب زنجیره بلند بخصوص EPA و DHA و در نهایت امگا-۳ افزایش می یابد(۴۴ و ۵۸) . درجه حرارت کریستالیزاسیون اثر مهمی بر روی نتایج حاصل از آزمایش در کمپلکس اوره دارد (۳۷) . پس بنابراین درجه حرارت باید به دقت کنترل شود تا استخراج ، تغلیظ و خالص سازی اسیدهای چرب امگا-۳ نتایج مطلوب تری را به همراه داشته باشد .

در نمودار ۱-۳ و ۲-۳ که پروفایل اسیدهای چرب روغن کپور نقره ای را پس از استخراج و قبل از خالص سازی نشان می دهد کاملاً مشخص است که اسیدهای چرب زنجیره کوتاه درصد وزنی بالاتری نسبت به اسیدهای چرب امگا-۳ دارند اما در نمودار ۳-۳ تا ۵-۳ پس از اعمال روش خالص سازی کمپلکس اوره مشخص شد که مجموع کل امگا-۳ نسبت به پروفایل های قبلی که فقط استخراج را نشان می دادند ، افزایش یافته است . لازم به ذکر است که این روش خالص سازی در ۵+ درجه سانتیگراد انجام و ۳ بار تکرار شده است که میانگین نتایج آن در نمودار ۳-۳ مشخص شده است . پس از آن خالص سازی در ۱+ درجه سانتیگراد انجام و ۳ بار تکرار شده است که میانگین نتایج آن در نمودار ۴-۳ نشان می دهد که مجموع امگا-۳ در این حالت نسبت به قبل افزایش چشمگیری داشته است . همین طور خالص سازی در دمای ۵- درجه سانتیگراد نیز انجام و ۳ بار تکرار گردید که میانگین نتایج آن در نمودار ۵-۳ نشان می دهد که مجموع امگا-۳ در این حالت نسبت به هر دو مورد قبل یعنی خالص سازی در ۵+ و ۱+ درجه سانتیگراد کاهش یافته است . این امر نشان می دهد که در درجه

حرارتهای پایین تر از صفر درجه سانتیگراد (۵- درجه سانتیگراد) تمایل اسیدهای چرب زنجیره بلند (امگا-۳) به تشکیل کمپلکس با اوره بیشتر می شود و درصد وزنی امگا-۳ کاهش می یابد . بنابراین بهترین درجه حرارت برای دریافت امگا-۳ با درصد وزنی بالاتر ، ۱+ درجه سانتیگراد می باشد . با توجه به نمودار ۶-۳ که درصد وزنی روغن استخراج شده از منابع دریایی و اقیانوسی را نشان می دهد و با توجه به درصد وزنی روغن استخراج شده از کپور نقره ای مورد مطالعه در این پروژه ، می توان دریافت که بر خلاف آن که کپور نقره ای یک ماهی پرورشی می باشد و احتمال وجود اسیدهای چرب امگا-۳ در بافت آن نسبت به سایر منابع دریایی و اقیانوسی کمتر است ، اما در این نمودار دیده می شود که درصد وزنی مجموع امگا-۳ کپور نقره ای به طور قابل ملاحظه ای نزدیک به درصد وزنی مجموع امگا-۳ منابع اقیانوسی است . همچنین پس از خالص سازی روغن کپور نقره ای به روش کمپلکس اوره در نمودار ۷-۳ کاملاً مشخص است که درصد وزنی مجموع امگا-۳ این کپور از همه ماهیان مورد بحث بالاتر و تنها با یکی از ماهیان اقیانوسی اختلاف بسیار ناچیزی دارد که مقادیر آن در قسمت نتایج گفته شده است . این نشان می دهد که این کپور پرورشی از پتانسیل بالایی جهت استخراج امگا-۳ برخوردار است ، ضمن آن که این کپور ماهی در تمام فصول سال دردسترس است ، با حداقل امکانات رشد قابل توجهی دارد و قیمت آن نیز ارزان است ، بنابراین تولید امگا-۳ از این کپور پرورشی ، قابل توجه و حائز اهمیت است .

از مباحث بالا می‌توان نتیجه گرفت که استخراج و خالص سازی روغن فیتوفاگ به روش کمپلکس اوره موفقیت آمیز بوده است. استخراج و خالص سازی اسید چرب امگا-۳ به روش کمپلکس اوره که با حداقل امکانات و بدون استفاده از هیچ حلالی (بجز اتانول) انجام شده نسبت به روشهای دیگر دارای راندمان بالاتر و مقرون به صرفه تر است و می توان ادعا نمود که از این روش در استخراج و تولید اسید چرب امگا -۳ با خلوص نسبتاً بالا از روغن ماهی فیتوفاگ به صورت انبوه بهره جست، لذا پیشنهاد می گردد که

استخراج و تغلیظ امگا -۳ از روغن ماهی فیتوفاگ در حد آزمایشگاهی انجام شده است ولی امکان انجام آن در حد نیمه صنعتی بررسی شده و امکان‌پذیر می‌باشد براساس بررسی‌های بعمل آمده امکان تولید امگا -۳ در حد انبوه با تکمیل خط تولید کارخانجات تصفیه روغن میسر می‌باشد.

براساس آمار سالهای ۹۹- ۱۸۸۹ تولید روغن در جهان ۱/۳ میلیون تن بوده و حدود ۳۰-۲۶ درصد آن به مصرف خوراکی و غذایی است (۳۴۴ هزار تن) و مصارف داروئی آن درحدود ۹۰ هزار تن و تولید اسید چرب

امگا – ۳ در حدود ۸ هزار تن در سال می باشد (۱۲) ، در صورتیکه در شمال کشور ایران به تنهایی قادریم سهم عمده ای از روغن جهان را تولید و عرضه نمائیم.

پس از میکروکپسولاسیون روغن کپور نقره ای ، شکل ظاهری از نظر یکنواختی سطح و کروی بودن بررسی شد و میانگین توزیع اندازه میکروکپسول ها با دستگاه آنالایزر اندازه گیری شد . همان طور که در شکل های ۱-۳ تا ۵-۳ مشخص است ، افزایش سرعت همزن باعث کروی تر شدن میکروکپسول ها و یکنواخت تر شدن سطوح آنها می گردد. همین طور شکل های ۶-۳ تا ۱۰-۳ نیز میانگین توزیع اندازه میکروکپسول ها را نشان می دهد که با افزایش سرعت همزن ، اندازه میکروکپسول ها نیز کوچکتر و محدودتر می شود .

همچنین با جایگزینی گلوتارآلدئید به جای فرمالدئید به عنوان عامل اتصال دهنده مشخص می شود که شکل ظاهری میکروکپسول ها منظم تر و کروی تر شده و میانگین توزیع اندازه میکروکپسول ها محدودتر می شود . که در شکل های ۱۱-۳ تا ۱۴-۳ کاملاً مشخص است . این نشان می دهد که گلوتارآلدئید نسبت به فرمالدئید شبکه تقاطعی بهتری را با مواد دیواره ای (ژلاتین و صمغ عربی) تشکیل می دهد و با انسجام بیشتر به کوچکتر شدن اندازه میکروکپسول ها و کروی تر شدن آنها کمک مؤثرتری می نماید .

اثر پلی وینیل الکل نیز در کوچکتر شدن اندازه میکروکپسول ها بسیار قابل توجه است . پلی وینیل الکل به عنوان یک عامل افزایش دهنده قدرت یونی است و اثر قدرت یونی در فرآیند توده ای شدن ترکیبی یک اثر کلیدی و مهم است . زیرا در فرآیند توده ای شدن ترکیبی بارهای مثبت یک کلوئید توسط بارهای منفی کلوئید دیگر ، باعث به وجود آمدن یک جدایش فازی می شود . در واقع افزودن مقدار کمی از میکرویونها ، توده ای شدن را بهبود می بخشد و در این حالت پذیرش بار بیشتر می شود و ژلاتین بار مثبت بیشتری را با خود حمل کرده و در نتیجه جاذبه الکترواستاتیکی افزایش می یابد . پلی وینیل الکل ضمن آن که حلال مناسبی می باشد ، به علت دارا بودن قدرت یونی بالا و اعمال این قدرت یونی بر محلول ، استحکام محلول را بالا برده و اندازه میکروکپسول ها را کوچکتر می نماید . شکل های ۱۵-۳ تا ۱۸-۳ کاملاً این موضوع را نشان می دهد که بهترین شرایط زمانی است که پلی وینیل الکل و گلوتارآلدئید توأم استفاده شوند که در این صورت شکل ظاهری میکروکپسول ها کروی تر و یکنواخت تر شده و اندازه میکروکپسول ها به $۴ \pm ۰/۷\ \mu m$ می رسد (شکل ۱۸-۳) .

در جدول ۲-۲ نیز این نتایج گردآوری شده است و با مقایسه شرایط مختلف عملیاتی در این روش توده ای شدن ترکیبی می توان نتیجه گرفت که بهترین شرایط تهیه میکروکپسول در دور همزن ۱۰۰۰ rpm ، استفاده توأم از پلی وینیل الکل و گلوتارآلدئید است که شکل ظاهری کروی تر و منظم تر شده و اندازه میکروکپسول ها در این حالت ، کوچکترین اندازه یعنی ۰/۷ ± ۴ μm می باشد .

پس از تعیین کوچکترین اندازه میکروکپسول ها در چنین شرایطی ، جهت کنترل اندازه نهایی میکروکپسول ها از نمک Nacl با غلظت های متفاوت ۰/۰۵ مولار ، ۰/۰۱ مولار ، ۰/۱ مولار ، ۰/۲ مولار و ۰/۳ مولار استفاده شد . کمپلکس سازی با وجود Nacl به خوبی انجام می گیرد ، چون کمپلکس ها استحکام لازم را برای تشکیل توده های مستحکم پیدا می کنند . نمک Nacl نیز به علت داشتن قدرت یونی بالا می تواند در جدایش فازی و توده ای شدن بهتر، کمک کند .

همان طور که نتایج در شکل های ۱۹-۳ تا ۲۳-۳ نشان می دهد ، غلظت های ۰/۰۱ مولار و ۰/۰۵ مولار نمک ، در اندازه میکروکپسول ها تفاوت چندانی ایجاد نمی کند . اما در غلظت ۰/۱ مولار تغییر در اندازه میکروکپسول ها حائز اهمیت بوده و این اندازه را به ۳/۳ μm کاهش می دهد . اما در غلظت های بعد از ۰/۱ مولار یعنی ۰/۲ مولار و ۰/۳ مولار اندازه میکروکپسول ها یک مرتبه افزایش می یابد که نتیجه نامطلوبی است زیرا افزودن نمک برای بالا بردن قدرت یونی به میزانی بیش از میزان مورد نظر باعث سفت شدن محلول شده و از توده ای شدن میکروکپسول ها جلوگیری کرده و فرآیند میکروکپسولاسیون را متوقف و مختل می کند . به علت عدم امکان توده ای شدن ، اندازه میکروکپسول ها به تدریج در غلظت های بالاتر نمک ، افزایش می یابد .

بنابراین با توجه به این شکل ها می توان دریافت که بهترین شرایط افزودن نمک ، با غلظت ۰/۱ مولار می باشد که اندازه میکروکپسول ها حتی نسبت به قبل نیز کاهش مطلوبی داشته است . نمودار ۸-۳ نیز کوچکترین اندازه میکروکپسول ها را در غلظت ۰/۱ مولار نمک نشان می دهد .

جهت بررسی پایداری و مدت زمان ماندگاری میکروکپسول ها از دستگاه هموژنایزر با ۵ دور متفاوت rpm ۱۵۰۰۰ ،rpm ۳۰۰۰۰ ،rpm ۴۵۰۰۰ ،rpm ۶۰۰۰۰ و rpm ۷۵۰۰۰ ، استفاده شد که همان طور که شکل های ۲۴-۳ تا ۲۸-۳ نشان می دهد ، میکروکپسول های تهیه شده با شرایط ذکر شده ، در تمام این دورهای هموژنایزر از بین

نرفتند و دیواره میکروکپسول ها به قدری استحکام داشته است که حتی در بالاترین دور هموژنایزر یعنی rpm ۷۵۰۰۰ نیز گسسته نشده و همچنان پایدار باقی مانده است .

این امر نشان می دهد که روش انتخابی و شرایط مختلف عملیاتی که برای تهیه میکروکپسول ها در این پروژه به کار گرفته شده است موفقیت آمیز بوده است و در مقیاس پایلوت و صنعتی پیشنهاد می گردد .

توجیه اقتصادی این پروژه نیز با توجه به پیوست الف بسیار حائز اهمیت می باشد. نتیجه این بررسی نشان می دهد که استخراج امگا-۳ از بافت یا کبد این کپور ماهی پرورشی می تواند از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد و بنابراین نه تنها گامی مؤثر در جهت خودکفایی کشور می باشد بلکه از خروج ارز نیز جلوگیری می نماید .

پیشنهادها

۱ – تحقیق پیرامون چگونگی افزایش درصد وزنی امگا-۳ خالص سازی شده و پروفایل اسیدهای چرب آزاد در گریدهای مختلف .

۲- بررسی اثرات سن کپور نقره ای در شرایط عملیاتی استخراج و خالص سازی بر روی درصد وزنی امگا-۳ تولید شده و افزایش آن .

۳- بررسی تغییرات شرایط عملیاتی استخراج و خالص سازی و تأثیرات آن بر روی درصد وزنی امگا-۳ تولید شده .

۴- بررسی تغییرات شرایط عملیاتی فرآیند کپسوله کردن و تأثیرات آن بر روی کیفیت کپسول تولید شده .

۵- بررسی فرآیند تولید امگا-۳ از دو جنس نر و ماده کپور نقره ای و مقایسه درصد وزنی امگا-۳ حاصل .

۶- مقایسه درصد وزنی امگا-۳ حاصل از بافت کپور نقره ای با کبد آن .

۷- بررسی فرآیند تولید امگا-۳ بافت سه گونه دیگر کپور پرورشی یعنی آمور ، معمولی و سرگنده و مقایسه آن درصد وزنی آنها با درصد وزنی امگا-۳ تولید شده از بافت کپور نقره ای حاصل از این پژوهش .

۸- بررسی فرآیند تولید امگا-۳ از کپور ماهیان پرورشی با استفاده از نتایج آزمایشگاهی به دست آمده از این پژوهش در مقیاس پایلوت و صنعتی .

منابع

۱- استاندارد ملی ایران ، دی ماه ۱۳۷۳ ، شماره ۱۷۷۱، روش تعیین ترکیب اسیدهای چرب به روش گاز کروماتوگرافی ، چاپ دوم . مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران صفحه ۱۸-۱ .

۲- تاجداران ، ر ،۱۳۸۶ . میکروکپسولاسیون زعفران. پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران . ۶۱ و ۶۷-۶۵ .

۳- جعفری، م، آبان ۱۳۸۶، فن آوری میکروانکپسولیشن جهت تولید پودر روغن ماهی ، خلاصه مقالات هفدهمین کنگره صنایع غذایی ارومیه .

۴- حاجی شفیعی ، ن ، ۱۳۷۴ . تهیه میکروکپسول های دارای اسانس پرتقال و بررسی برخی پارامترهای مؤثر بر کیفیت آنها . پژوهشگاه پلیمر ایران .

۵- حسن زاده، آ ، آذر ۱۳۸۴ ، تعیین خواص فیزیکو شیمیایی روغن دانه بزرک و جداسازی جزء امگا-۳ از آن . پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس ، دانشکده کشاورزی . ۲۵-۲۲ .

۶- حلاجی ثانی، ا، بهار ۱۳۸۶ ، استخراج اسیدهای چرب امگا-۳ از روغن ماهی و ارزیابی اقتصادی آن.گزارش نهایی طرح تحقیقاتی ، دفتر بهبود کیفیت ، فرآوری توسعه بازار آبزیان ، سازمان شیلات ایران . صفحات ۴۵-۳۷ .

۷- خداپرست ،ح ، ۱۳۷۳، تکنولوژی روغن های خوراکی ، نشر مؤلف ، چاپ اول تهران ، ۴۳۰ صفحه .

۸- رحیمی ، م ، ۱۳۸۲ ، استخراج و پالایش روغن ماهی از ضایعات کارخانجات کنسرو ماهی ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران . صفحات ۷-۵ و ۱۱-۱۰ .

۹- رضایی مجد، ش ، ۱۳۸۴ ، اسیدهای چرب امگا-۳ چیست؟ نشریه راه مردم ، شماره بازیابی ۱۶۹۰۴۴۹۰

۱۰- روابط عمومی شیلات ایران ، ۱۳۸۲، خلاصه مقالات همایش علمی نقش آبزیان در سلامت ، صفحه۵-۱ .

۱۱- روابط عمومی شیلات ایران ، سالنامه آماری شیلات ایران ۱۳۸۴-۱۳۷۵ ، دفتر طرح و توسعه . صفحات ۶۳-۱ و www.shilat.com و www.FAO.org .

۱۲- سلمانی ، ع ، ۱۳۸۴ ، مطالعه و بررسی امکان استخراج اسیدهای چرب امگا-۳ از روغن ماهی کیلکا . پژوهشکده اکولوژی دریای خزر ، فرح آباد ، ساری ، صفحات ۵-۲ .

۱۳- شجاعی، ا ، ۱۳۸۰-۱۳۷۸ ، ارزیابی روغن کیلکا برای مصارف خوراکی . گزارش نهایی طرح تحقیقاتی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر ، بخش بیوتکنولوژی مؤسسه تحقیقات شیلات ایران . استان مازندران ، ساری ، صفحات ۳۸-۲۹ .

۱۴- عباسی ، س . ۱۳۷۶ . تکنولوژی میکروانکپسولاسیون و کاربردهای آن در صنایع غذایی .نشریه استاندارد شماره ۶۸. انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور .

۱۵- علمی، ن ، ۱۳۸۴، امگا-۳ چیست؟ مرکز توسعه و تحقیقات شرکت صنعتی ناب . نشریه صنعت روغن نباتی ، شماره نشریه ۲۵ ، شماره بازیابی ۱۶۶۰۴۰۴۴ .

۱۶- علیزاده ،م ، نفیسی ،م، پاییز ۱۳۸۰، پرورش کپور ماهیان در استخرهای ذخیره آب کشاورزی . معاونت تکثیر و پرورش آبزیان اداره کل آموزش و ترویج ، صفحات ۹-۲ .

۱۷- کریمی ، م، ۱۳۷۳، استخراج و شناسایی اسیدهای چرب امگا-۳ از بافت چربی ماهیان خاویاری دریای خزر . پایان نامه دکتری . دانشگاه علوم پزشکی تهران ، دانشکده داروسازی . صفحات ۶۳-۵۴ .

۱۸- کوشانفر، ا، ۱۳۸۴، امگا-۳ در تغذیه . نشریه پزشکی امروز. نشریه شماره ۵۷۸ ، شماره بازیابی ۱۷۰۰۴۲۳۲ .

۱۹- میر قلنج ، ع، ۱۳۸۲، مقایسه منابع مختلف اسیدهای چرب امگا-۳ جهت غنی سازی تخم مرغ .پایان نامه کارشناسی ارشد . دانشگاه تربیت مدرس دانشکده کشاورزی . صفحات ۳۹-۳۷ .

۲۰- وزارت بازرگانی ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ ، آمارنامه صادرات و واردات اداره گمرک . صفحات ۳۷-۳۶ و . www.irtp.com

21-Armanet,luc,1997,use of manufacturated foods enriched with fish oils as a means of increasing long-chain n-3 poly unsaturated fatty acid intake .Br J Nutr.78(2):223-36

22-Association of Official Analytical Chemists (AOAC) . 1994 .Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists ,(I & Π), Association of Analytical Chemists , Arlington . 1289 pp.

23-Bligh, E.G and Dyer, W.J. 1959 .A rapid method of total lipid extraction and purification .Can . J . Biochem . Physiol . 37 (8) ,911-917.

24-Bovet ,P. Faeh , D. Madeleine , G. Viswanathan , B. and Paccaud , F. 2007.Decrease in blood triglycerides associated with the consumption of eggs of hens fed with food supplemented with fish oil . Nutrition , Metabolism & Cardiovascular Diseases .17,280-287.

25-Das , U.N.and Fams,M.D. 2003 .Long-chain polyunsaturated fatty acids in the growth and development of the brain and memory . Nutrition . 19, 62-65.

26- Dong ,Z.J.Toure,A.Jiacs ,Z.H.Xusy,xm.2007.Effect of processing parameters on the formation of spherical multinuclear microcapsules encapsulating peppermint oil by coacervation .J.Microencapsulation.24(7),634-646 .

27- Dong ,Z.J.Xia,S.Hua,S.Hayat,K.2008.Optimization of cross-linking parameters during production of transglutaminas-hardened spherical multinuclear microcapsules by complex coacervation .J.Colloids and Surfaces B:Biointerfaces ,63,41-47 .

28- Drusch,S.Benedetti,S.Scampicchio,M&Mannino,S.2008.Stabilisation of omega-3 fatty acids by microencapsulation .Focus on omega-3 .19.31-32.

29-Drusch ,S.2006.Physicochemical characterization and oxidative stability of fish oil encapsulated in an amorphous matrix contaning trehalose.J.Food research international .39.807-815.
30-Exler J.Wehrauch JL . 1988 . Provisonal table on the content of omega-3 fatty acids and other fat components in selected foods .U.S.D.A.,Human Nutrition Information Service ,HNS/PT-103 .
31-Folch ,J.Lees,M.and Stanley ,G.H. 1957.A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues . J . Biol Chem . 226,497-509.
32-Haman , F. and Shahidi , F . 2008 .Incorporation of selected long-chain fatty acids into trilinolein and trilinolenin .Food chemistry . 106(1) ,33-39.
33-Heinzelmann,K,1999,using freezing and drying techniques of emulsions for the microencapsulation of fish oil to improve oxidation stability . J.Colloids and surfaces,Biointerfaces,12,223-229.
34-Jarunee ,l.,2007,characteristics of microencapsulated ß-carotene formed by spray drying with modified tapioca starch , native tapioca starch and maltodextrin. J .Food hydrocolloids 21,928-935.
35- kang ,J, and Wang.2005.A simplified method for analysis of polyunsaturated fatty acids .J.BMC Biochemistry .volume 6:5.Deparment of medicine.
36-Kantor,M,1990, Microencapsulation of fish oil.freepatentsonline.No.4895725
37-Klinkesorn ,U. Kittikun, A. Chinachoti,P. and Sophanodora,P. 2004 . Chemical transestrification of tuna oil to enriched omega-3 polyunsaturated fatty acids . Food Chemistry . 87(3) , 415-421.
38-Liu ,S.Zhang,C.Hong,P and Ji,H. 2006 . Concentration of docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA) of tuna oil by urea complexation : Optimization of process parameters. Journal of Food Engineering . 73 ,203-209.
39-Lopez,J.C . Campara , P. and Guerrero , J.L. 2004 . γ - Linolenic acid enrichment from Borago Officinalis and Echium fastuosum seed oils and fatty acids by low temperature crystallization . J . Biosci . Bioeng . 97(5),294-298.
40-Mazalli , M.R. and Bragagnolo , N. 2007 .Validation of two methods for fatty acids analysis in eggs . Lipids . 42,483-490.
41-Medeiros , M.D. Hampton , M. Kurtzer , K. Parelman , M. Tamimi , E. and Drouillard , J.S. 2007 .Feeding enriched Omega-3 fatty acid beef to rat increases Omega-3 fatty acid content of heart and liver membranes and decreases serum vascular cell adhesion molecule-1 and colestrol levels. J. Nutrition research . 27(5),295-299.
42-Mendes ,A. Lopes da silva,T and Reis,A . 2007 .DHA concentration and purification from the marine Heterotrophic Microalgae crypthecodinium cohnii CCMP 316 by winterization and urea complexation .Food Technol . Biotechnol . 45(1),38-44.
43-Michael,T,Murray.2001.Encyclopedia sulllements the essential guide for improving your health naturally.First edition.New york.270-273.
44-Monroy , R.J. Toro ,V.F.J. Garcia , H.S. and Angulo , O. 2003 .Concentration of EPA and DHA from fish oil by hydrolysis and urea complexation . Food Research International.36,721-727.
45-Priscilla.V et al.2005. Microencapsulation of ascorbic acid in maltodextrin and capsul using spray-drying, 2nd mercosur congression chemical engineering .
46-Ratledge , C. Streekstra , H. Choen , Z. and Fichtali , J. 2005 .Down stream processing , Extraction , and purification of single cell oils . J . Am . Oil Chem . Soc . 202-219.
47-Ratnayake,W.M.N.Olsson,B.Matthews,D. and Ackman,R.G. 2006 . Preparation of omega-3 PUFA concentrates from fish oil via urea complexation. European Journal of Lipid Science and Technology. 90(10),381-386.
48-Solomo,S.,1994,Enzymatic production of monoglycerides contaning omega-3 unsaturated fatty acids.freepatentsonline.No.5935828.
49-Soper,Jon.c.1997.Method of encapsulating food or flavor particles using warm water fish gelatin and capsules produced thereform.freepatentsonline.No.5603952.
50-Szentmihalyi,K , 2002,Rose hip oil obtained from waste hip seeds y different extraction methods,J.Bioresource technology 82.195-201
51-Tatarczyk,T Engl , J. Ciardi , C. Lamier , M. Kaser , S. Salzmann , K. Lenners , R. Patsch , J.R. and Ebenbichler , C.F. 2007 . Analysis of long-chain ω_3 fatty acid content in fish-oil supplements. The Middle European Journal of Medicine.14,417-422.
52-The American Oil Chemists' Society (AOCS) . 2005 .Fatty acid composition by GLC . Official method ce 1b-89 (Marine Oils).1-5 .
53-Valentinotti,S.2006.Encapsulated polyunsaturated fatty acids . freepatentsonline.No.20060134180 .
54- Versic ,R.2003.Coacervation for flavor encapsulation.Article on microencapsulation and related areas authored,technical paper.Ronald T Dodge Company .
55-Wanasundara,U.N. and Shahidi,F. 1999 .Concentration of omega-3 polyunsaturated fatty acids of seal blubber oil by urea complexation : Optimization of reaction conditions. Food Chemistry . 65,41-49.

56-Wanwimol,K.2007.Fish oil encapsulation with chitosan using ultrasonic atomizer.Article in press. Department and technology.
57-Wojciech,K,2004.Fish oil stabilization by microencapsulation with modified cellulose.International Journal of food science and nutrition .volume 55,Number 4 ,page:333-343.
58-Zuta , C.P. Simpson ,B.K. Chan, H.M. and Phillps ,L. 2003 .Concentrating PUFA from Mackerel processing waste . J . Am . Oil Chem . Soc . 80 (9) , 933-936.

پیوست

ماهیان پرورشی

آبزیان

عبارتند از کلیه موجودات زنده اعم از جانوری ، گیاهی آبهای شیرین ، شور و یا موجوداتی که مراحلی از چرخه زندگی و یا مدت زیادی از عمر خود را در آب طی می کنند .(۱۱)

پرورش آبزیان

به فعالیتهایی که برای ایجاد محیط مناسب و شرایط لازم ، برای تولید مثل و رشد آبزیان انجام می شود اطلاق می شود .

ماهیان گرمابی

کلیه ماهیانی که ازنظر زیستی در آب های با دمای بین ۳۵-۱۴ درجه سانتیگراد رشد و نمو می کنند گونه هایی از این ماهیان در محیطهای مصنوعی (آب بندان ، سدهای ساخته شده و استخر) به منظور تولید گوشت پرورش داده می شوند . کپورماهیان پرورشی و همچنین کپور فیتوفاگ نیز از جمله ماهیان گرمابی هستند(۱۱) .

مزارع پرورش آبزیان

مزارع به مجموعه ای از استخرها ، کانال های آب رسانی ، خروجی زهکشی و تأسیسات مرتبط که با هدف آبزی پروری به وجود آمده است ، اطلاق می شود .(۱۱)

ماهیان گرمابی پرورشی

مشخصات ماهیان گرمابی پرورشی

درکشور ما ، ماهیان گرمابی پرورشی فقط ۴ گونه کپور یعنی کپور فیتوفاگ ، کپور معمولی ، کپور آمور یا علفخوار و کپور سرگنده هستند که مشخصات این ۴ گونه در جدول الف-۱ آمده است .(۱۶).

جدول الف-۱ . مشخصات ماهیان گرمابی پرورشی (۱۱)

نام	کپور فیتوفاگ	کپور معمولی	کپور آمور (علفخوار)	کپور سرگنده
نام علمی	Hypophthalmichthys molitrix	Cyprinus carpio	Ctenopharyngodon idella	Hypophthalmichthys nobilis
نام خانواده	Cyprinidae	Cyprinidae	Cyprinidae	Cyprinidae
نام انگلیسی	Silver carp	Common carp (mirror carp)	Grass carp (white amur)	Big head
حداکثر اندازه (cm)	۱۰۰	۱۲۰	۱۰۰	۱۱۰
درصد پرورش	٪ ۵۵ -۶۰	٪ ۲۰	٪ ۱۵ -۲۰	٪ ۵ -۱۰

طبق آمار گزارش شده در دفتر طرح و توسعه شیلات ایران در سال ۱۳۸۶ میانگین گوشت قابل استحصال ماهیان گرمابی ۷۰٪ می باشد یعنی درصد باقی مانده های حاصل از پوست ، استخوان ، سر ، دم و امعاء و احشاء حدود ۳۰٪ می باشد . در محاسبات اقتصادی فرض می شود که درصد باقی مانده های تفکیک شده حاصل از امعاء و احشاء فیتوفاگ ۱۵٪ باشد (۱۱) .

جدول الف- ۲ . مقایسه میانگین گوشت قابل استحصال ماهیان گرمابی با دیگر ماهیان(۱۱)

نام گونه	میزان قابل دسترسی سال ۸۵(تن)	میانگین گوشت قابل استحصال٪
میگو	۵۷۵۵	٪۴۵
تن ماهیان	۲۰۳۳۰۰	٪۷۵
ماهیان خاویاری	۱۰۰	٪۶۸
ماهیان گرمابی	۸۴۹۳۳	٪۷۰
ماهیان سردابی	۴۶۲۷۵	٪۷۵
سایر ماهیان استخوانی	۲۱۹۷۹۶	٪۷۲
خاویار	۱	٪۱۰۰
جمع	۵۶۰۱۶۰	٪۷۲

آمار تولید ماهیان گرمابی پرورشی در کشور

میزان برداشت ماهیان گرمابی از منابع آبی به تفکیک استان در سالهای ۱۳۸۴-۱۳۸۳ (۱۱).

جدول الف-۳. آمار تولید ماهیان گرمابی پرورشی کشور(۱۱)

نام استان	۱۳۸۳	۱۳۸٤
آذربایجان شرقی	۷۱۷	۷۹۶
آذربایجان غربی	۲۶۶۲	۲۷۲۰
اردبیل	۵۱۲	۵۸۵
اصفهان	۸۹۷	۸۲۶
ایلام	۱۳۴۲	۱۲۲۷
بوشهر	۰	۰
تهران	۲۴۳	۲۴۰
چهارمحال بختیاری	۲۵۰	۲۵۳
خراسان	۱۰۹	۲۵۱
خوزستان	۷۲۹	۱۵۳۵
زنجان	۳۸۷	۳۷۷
سمنان	۳۰	۰
سیستان بلوچستان	۴۰۲۳	۵۲۱۷
فارس	۱۶۰۸	۱۳۱۰
قزوین	۲۲	۰
قم	۲۸	۲۴
کردستان	۱۷۲۰	۱۹۳۰
کرمان	۱۵	۴۶
کرمانشاه	۳۴۶	۳۲۸
کهگیلویه و بویراحمد	۲۱۴	۲۰۸
گلستان	۲۳۲۸	۲۲۱۰
گیلان	۸۵۰	۸۳۷
لرستان	۸۸۴	۹۹۶
مازندران	۱۲۱	۱۲۰
مرکزی	۱۰۹	۵۶
هرمزگان	۰	۰
همدان	۸۴	۸۷
یزد	۰	۰
جمع	۲۰۲۳۰	۲۲۱۷۹

میزان پرورش ماهیان گرمابی از مزارع آبی به تفکیک استان در سالهای ۱۳۸۴-۱۳۸۳(۱۱)

جدول الف- ٤ . میزان پرورش ماهیان گرمابی از مزارع(۱۱)

نام استان	۱۳۸۳	۱۳۸٤
آذربایجان شرقی	۱۶۲	۱۰۰
آذربایجان غربی	۴۸۷	۵۴۵
اردبیل	۲۳۶	۲۴۳
اصفهان	۳۴۷	۴۳۸
ایلام	۱۶۵	۲۱۲
بوشهر	۰	۰
تهران	۶۵	۱۴۵
چهارمحال بختیاری	۰	۰
خراسان	۲۶۳	۳۸۳
خوزستان	۱۴۳۰۱	۱۷۴۴۶
زنجان	۶۰	۶۳
سمنان	۴۹	۲۴
سیستان بلوچستان	۲۴۷	۴۲۳
فارس	۱۸۵	۱۸۶
قزوین	۵۳	۶۵
قم	۷۳	۱۱۸
کردستان	۱۹	۱۸
کرمان	۱۲۷	۹۳
کرمانشاه	۲۶۶	۴۰۲
کهگیلویه و بویراحمد	۰	۰
گلستان	۶۶۳۸	۸۲۶۸
گیلان	۱۷۴۲۵	۱۸۲۰۹
لرستان	۸۱۷	۷۴۴
مازندران	۲۲۸۲۵	۲۴۶۴۸
مرکزی	۱۰۰	۹۴
هرمزگان	۰	۰
همدان	۲۹۰	۳۱۸
یزد	۲۰۰	۲۱۱
جمع	۶۵۴۰۰	۷۳۳۹۶

کپور فیتوفاگ [۵۷] (۱۶)

مشخصات ظاهری فیتوفاگ

نام علمی این ماهی *Hypophthalmichthys molitrix* می‌باشد . ماهی کپور نقره ای (فیتوفاگ، یا آن گونه که در میان عوام مطرح است، به اشتباه، ماهی آزاد پرورشی) بدنی فشرده و نسبتاً مرتفع دارد. شکم آن یک خط تیز از ابتدای برجستگی شکم تا مخرج دارد، سر نسبتاً بزرگ، چشمها نسبتاً کوچک و پائین تراز خط افقی محور بدن است فضای میان دو چشم زیاد، دهان بزرگ و هلالی و لب پائینی اندکی جلوتر قرار دارد. سرپوش آبششی به برجستگی ابتدایی تنه متصل نیست، انشعابات آبششی به عضو مشبک متصل است. آغاز باله پشتی عقب تر از باله شکمی و باله سینه ای نزدیک باله شکمی است و انتهای باله سینه ای به آغاز باله شکمی نمی رسد. فلسها کوچک و خط جانبی در آغاز بدن با شیب تندی به طرف بالای بدن امتداد دارد. رنگ بدن در قسمت پشت خاکستری، طرفین بدن سفید متمایل به زرد و قسمت شکمی بدن سفید نقره ای است.

بیشترین طول آن ۱۱۷ cm ، وزن ۳۰kg و میانگین طول ۳۷ cm و وزن ۱۲۰۰ g می باشد.

گونه کپور نقره‌ای متعلق به رده ماهیان استخوانی و راسته کپورشکلان و خانواده کپورماهیان و زیرخانواده هیپوفتال میکتینه [۵۸]و جنس هیپوفتال میکتیس[۵۹] است (۱۶) .

تکثیر و پرورش فیتوفاگ

این ماهی از ماهیان آب شیرین است در پرورش توأم در استخرهای پرورشی درصد بیشتری را تشکیل می‌دهد (حدود ٪۶۰ – ۵۵) .

دلیل اصلی غالب بودن این گونه ماهی را در ترکیب ماهیان گرمابی پرورشی باید در خصوصیات ویژه این ماهی یعنی استعداد رشد سریع، سازگاری وسیع و عمدتاً رژیم غذایی ماهی جستجو کرد که با کمترین امکانات محلی موجود در دورترین نقاط کشور پرورش می یابد، زیرا ماهی در طول دوره حیات خود از پلانکتونها تغذیه می‌کند و پلانکتونها را نیز می توان با استفاده از انواع کودها در محیط آبی تولید کرد. ماهی کپور نقره ای تنها در دوره ای کوتاه از آغاز زندگی خود از پلانکتونهای جانوری تغذیه می کند و در بقیه عمر خود بیشتر از

[57] Fitofague (silver carp)
[58] Hypophthalmichthyneh
[59] Hypophthalmichthys

پلانکتونهای گیاهی تغذیه می کند، پلانکتونهای جانوری ریز و اجرام معلق غذایی، درصد کمی از ترکیب غذایی ماهی را تشکیل می دهند (۱۶).

در هنگام سیلابی بودن آب، بصورت دسته جمعی اقدام به تخم ریزی نموده و از پلانکتون های گیاهی تغذیه می‌کنند. این گونه از ماهیان غیربومی آبهای داخلی می‌باشد. نرها در ۶-۴ سالگی و ماده ها در ۶-۵ سالگی بالغ می‌شوند و تا کنون از تکثیر طبیعی این ماهی در آبهای ایران رسماً گزارشی دریافت نشده است.

کپور نقره‌ای پرورشی از ماهیان با ارزش شیلاتی است که طبق بررسیKarlovic و همکاران منبع غنی اسیدهای چرب ضروری است. ماهی برداشت بهاره نسبت به برداشت پائیزه اسیدهای چرب ω-3 بیشتری دارد و نسبت اسیدهای‌چربω-6 به اسیدهای چرب ω-3 در آنها خیلی کمتر است. این ماهی را برای استفاده در غذاهای رژیم غذایی لاغری و پرهیزی مثل بیماران قلبی و در تولید روغن ماهی و فرآورده های دودی مناسب بوده و آن را جایگزین بسیار مناسبی برای ماهی آزاد تشخیص داده اند (۱۶).

امروزه ماهی و شیلات نقش مهمی در تغذیه انسان و همچنین پیشرفت اقتصادی و اجتماعی کشورها دارد، حجم تجارت بین المللی ماهی بین سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰، ۵ برابر رشد داشته است و در همین حال، سهم کشورهای در حال توسعه از صید جهانی از ۲۷ درصد به ۴۶ درصد رسیده است.

طبق آمار فائو ارزش صادرات ماهی و فرآورده های آن در سال ۱۹۸۸ بالغ بر ۳۲ میلیارد دلار بوده است که ۴۶/۶ درصد آن سهم کشورهای در حال توسعه می باشد. بعبارت دیگر، در حال حاضر، صید کشورهای در حال توسعه با صید جهان توسعه یافته از نظر میزان و ارزش خالص صادرات برابر است.

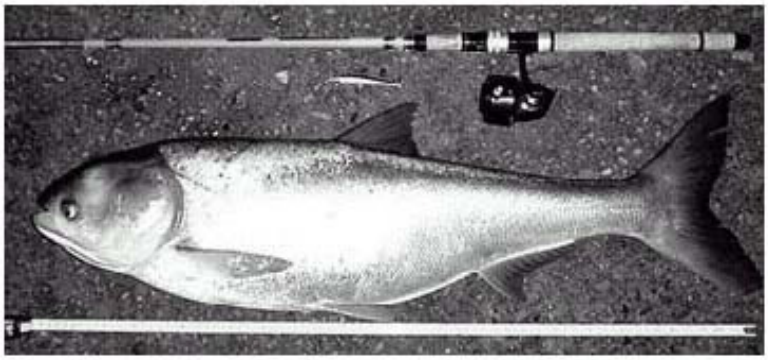
ماهی بعنوان منبعی غنی از پروتئین مرغوب، ۲۹ درصد کل مصرف پروتئین حیوانی مردم آسیا را تشکیل می دهد. این مقدار در آفریقا نزدیک به ۱۸/۶ درصد، در اروپا ۹/۶درصد و در آمریکای شمالی ۶/۵درصد است. این واقعیت که ماهی به جز غذا بعنوان یک منبع عمده درآمد و اشتغال برای میلیونها نفر بویژه در جهان سوم محسوب می شود، اهمیت نکات فوق را مورد تأکید قرار می دهد (۱۶).

Common name

Silver Carp

Scientific name

Hypophthalmichthys molitrix



شکل الف-۱ . نمایی از کپور ماهی فیتوفاگ

پرورش کپورماهیان درمزارع به تفکیک گونه در سالهای ۱۳۸۵-۱۳۸۳ (ارقام : تن)(۱۱)

جدول الف-۵ . پرورش کپور ماهیان در مزارع(۱۱)

نام گونه	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸۵
کپور معمولی	۱۶۳۵۰	۱۸۳۴۹	۱۹۳۶۶
فیتوفاگ	۳۵۹۷۰	۴۰۳۶۸	۴۲۶۰۵
بیگ هد	۳۲۷۰	۳۶۷۰	۳۸۷۳
آمور	۹۸۱۰	۱۱۰۰۹	۱۱۶۱۹
جمع	۶۵۴۰۰	۷۳۳۹۶	۷۷۴۶۳

پرورش کپورماهیان در منابع به تفکیک گونه در سالهای ۱۳۸۵-۱۳۸۳ (ارقام : تن)(۱۱)

جدول الف-٦ . پرورش کپور ماهیان در منابع(۱۱)

نام گونه	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸۵
کپور معمولی	۵۶۰۰	۶۲۱۰	۶۹۹۲
فیتوفاگ	۶۶۰۰	۷۳۱۹	۸۲۴۰
بیگ هد	۸۰۰	۸۸۷	۹۹۹
آمور	۲۰۰۰	۲۲۱۸	۲۴۹۷
سایر	۵۲۳۰	۵۵۴۵	۶۲۴۲
جمع	۲۰۲۳۰	۲۲۱۷۹	۲۴۹۷۰

پرورش کپورماهیان در منابع و مزارع به تفکیک گونه در سالهای ۱۳۸۵-۱۳۸۳ (ارقام : تن)(۱۱)

جدول الف-۷. پرورش کپور ماهیان در منابع و مزارع(۱۱)

نام گونه	۱۳۸۳	۱۳۸٤	۱۳۸۵
کپور معمولی	۲۱۹۵۰	۲۴۵۵۹	۲۶۳۵۸
فیتوفاگ	۴۲۵۷۰	۴۷۶۸۷	۵۰۸۴۵
بیگ هد	۴۰۷۰	۴۵۵۷	۴۸۷۲
آمور	۱۱۸۱۰	۱۳۲۲۷	۱۴۱۱۶
سایر	۵۲۳۰	۵۵۴۵	۶۲۴۲
جمع	۸۵۶۳۰	۹۵۵۷۵	۱۰۲۴۳۳

بررسی اقتصادی تولید روغن ماهی(امگا-۳) از بافت فیتوفاگ

با داشتن اطلاعات موجود می توان ، میزان کل پرورش فیتوفاگ در هر سال ، میزان بافت قابل استحصال آن در هر سال ، میزان کل اسیدهای چرب امگا-۳ حاصل از این بافت در هر سال و در نهایت میزان خروج هر ساله ارز از کشور را محاسبه نمود .

۱- مقدار کل پرورش ماهیان گرمابی درسال × درصد پرورش فیتوفاگ = مقدار کل پرورش فیتوفاگ درسال

۲- مقدار کل پرورش فیتوفاگ در سال × درصد بافت حاصل از فیتوفاگ = مقدار کل بافت فیتوفاگ درسال

۳- مقدار کل بافت فیتوفاگ درسال × درصد تبدیل بافت به امگا-۳= مقدار کل امگا-۳ حاصل درسال

۴- مقدار کل روغن ماهی حاصله × قیمت هر کیلوگرم روغن ماهی وارداتی در سال= مقدارخروج ارز از کشور

محاسبه مقداروارزش روغن ماهی(امگا-۳) استحصالی از بافت فیتوفاگ درسالهای ۱۳۸٤-۱۳۸۳

بعنوان مثال با استفاده از فرمول فوق می توان ، روغن ماهی حاصله از بافت فیتوفاگ و به دنبال آن مقدار خروج ارز از کشور را در سالهای ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ محاسبه نمود.

محاسبه و مقدار ارزش روغن ماهی (امگا-۳) استحصالی از بافت فیتوفاگ در سال ۱۳۸۳

در این محاسبه درصد پرورش فیتوفاگ به طور متوسط ۵۷/۵٪ درنظر گرفته شده است و طبق آمار گزارش شده در دفتر طرح وتوسعه شیلات ایران در سال ۱۳۸۶ ، میانگین گوشت قابل استحصال ماهیان گرمابی فیتوفاگ ۷۰٪ است.طبق نتایج آزمایش میزان امگا-۳ موجود در بافت فیتوفاگ پس از استخراج و خالص سازی در بهترین شرایط به ۶۷/۸٪ وزنی می رسد پس می توان با یک محاسبه ساده مقدار امگا-۳ موجود در بافت فیتوفاگ را بدست آورد. پس درصد تبدیل بافت فیتوفاگ به امگا-۳، ۶۷/۸٪ وزنی می باشد .

قیمت متوسط روغن ماهی به ازای هر کیلوگرم در سال ۱۳۸۳ ، ۱۹۳۶۰ ریال و ارزش دلار نیز بطور تقریبی ۹۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است . کلیه محاسبات بر اساس این داده ها و فرضیات می باشد .

مقدار و ارزش واردات روغن ماهی برحسب تعرفه و کشورهای مبدأ در سال ۱۳۸۳ درجدول زیرنشان داده شده است .(۲۰)

جدول الف-۸ . مقدار و ارزش واردات روغن ماهی بر حسب تعرفه و کشورهای مبدأ در سال ۱۳۸۳(۲۰)

نام کشور	وزن(کیلوگرم)	ارزش ریالی	ارزش دلاری
امارات متحده عربی	۸۳۴۴	۲۰۱۱۲۷۸۳	۲۳۶۷
فرانسه	۳۵۰	۷۵۴۶۹۴۷۰	۸۸۷۹
هلند	۱۶۳۴۰	۳۸۹۰۸۱۲۱۸	۴۵۷۷۴
جمع تعرفه	۲۵۰۳۴	۴۸۴۶۶۳۴۷۱	۵۷۰۲۰

محاسبه مقدار و ارزش روغن ماهی(امگا-۳) حاصل از بافت فیتوفاگ در سال ۱۳۸۳

با توجه به جداول و درصدهای تبدیلی ارائه شده ، نرخ تقریبی دلار و همچنین کل تولید ماهیان گرم آبی(منابع و مزارع) در سال ۱۳۸۳ خواهیم داشت :

کیلوگرم کل پرورش ماهیان گرمابی در سال ۸۳ — ۸۵۶۳۰۰۰۰ = تن/ کیلوگرم ۱۰۰۰ × ۸۵۶۳۰ تن

کیلوگرم کل پرورش فیتوفاگ در سال ۸۳ — ۸۵۶۳۰۰۰۰ × ٪۵۷/۵ = ۴۹۲۳۷۲۵۰

کیلوگرم مقدار کل بافت فیتوفاگ در سال ۸۳ — ۴۹۲۳۷۲۵۰ × ٪۷۰ = ۳۴۴۶۶۰۷۵

کیلوگرم امگا-۳ حاصله از بافت فیتوفاگ در سال ۸۳ — ۳۴۴۶۶۰۷۵× ٪۶۷/۸ = ۲۳۳۶۷۹۹۸/۸۵

ریال ارز خروجی از کشور به واسطه واردات امگا-۳ در سال۸۳ $۱۰^{۱۱}$× ۴/۵۲۴۰ = ۱۹۳۶۰ × ۲۳۳۶۷۹۹۸/۸۵

دلار ارز خروجی از کشور به واسطه واردات امگا-۳ در سال ۸۳ ۵۰۲۶۶۶۶۶/۶۷ = ۹۰۰۰ / $۱۰^{۱۱}$× ۴/۵۲۴۰

محاسبه مقدار و ارزش روغن ماهی(امگا-۳) استحصالی از بافت فیتوفاگ در سال ۱۳۸٤

در این محاسبه نیز درصد پرورش فیتوفاگ به طور متوسط ۵۷/۵٪ ، درصد بافت قابل استحصال ۷۰٪ ، درصد تبدیل بافت به امگا-۳ طبق نتایج آزمایش۶۷/۸٪ ، قیمت متوسط روغن ماهی به ازای هر کیلوگرم آن در سال ۱۳۸۴ ، با توجه به جداول ۲۸۵۴۵/۷۴۴۴۱ ریال و ارزش تقریبی دلار ۹۰۰۰ ریال درنظر گرفته شده است .

مقدار و ارزش واردات روغن ماهی بر حسب تعرفه و کشورهای مبدأ در سال ۱۳۸۴ در جدول زیر نشان داده شده است .(۲۰)

جدول الف-۹ . مقدار و ارزش واردات روغن ماهی بر حسب تعرفه و کشورهای مبدأ در سال ۱۳۸٤(۲۰)

نام کشور	وزن(کیلوگرم)	ارزش ریالی	ارزش دلاری
فرانسه	۱۸۰	۱۶۵۰۹۵۰۰	۱۸۵۸
هلند	۲۵۶۵۰	۷۲۰۸۲۷۰۷۸	۸۰۲۰۴
جمع تعرفه	۲۵۸۳۰	۷۳۷۳۳۶۵۷۸	۸۲۰۶۲

محاسبه مقدار و ارزش روغن ماهی (امگا-۳) حاصل از بافت فیتوفاگ در سال ۱۳۸٤

با توجه به جداول و درصدهای تبدیلی ارائه شده ، نرخ تقریبی دلار و همچنین کل تولید ماهیان گرمابی (منابع و مزارع) در سال ۱۳۸۴ خواهیم داشت :

کیلوگرم کل پرورش ماهیان گرمابی در سال ۸۴ ۹۵۵۷۵۰۰۰ = تن / کیلوگرم ۱۰۰۰ × ۹۵۵۷۵ تن

کیلوگرم کل پرورش فیتوفاگ در سال ۸۴ ۹۵۵۷۵۰۰۰ × ٪۵۷/۵ = ۵۴۹۵۵۶۲۵

کیلوگرم مقدار کل بافت فیتوفاگ در سال ۸۴ ۵۴۹۵۵۶۲۵ × ٪۷۰ =۳۸۴۶۸۹۳۷/۵

کیلوگرم امگا-۳ حاصله از بافت فیتوفاگ در سال ۸۴ ۳۸۴۶۸۹۳۷/۵× ٪۶۷/۸ = ۲۶۰۸۱۹۳۹/۶۳

ریال ارز خروجی از کشور به واسطه واردات امگا-۳ در سال ۸۴

$۱۰^{۱۱}$ × ۷/۴۴۵۲۸ = ۲۸۵۴۵/۷۴۴۴۱ ×۲۶۰۸۱۹۳۹/۶۳

دلار ارز خروجی از کشور به واسطه واردات امگا-۳ در سال ۸۴

۷/۴۴۵۲۸ × ۱۰^۱۱ / ۹۰۰۰ =۸۲۷۲۵۳۷۵/۸۲

بررسی اقتصادی تولید روغن ماهی(امگا-۳) از باقی مانده های فیتوفاگ

با داشتن اطلاعات موجود می توان ، میزان کل پرورش فیتوفاگ در هر سال ، میزان باقی مانده های حاصل از امعاء و احشاء آن در هر سال ، میزان کل اسیدهای چرب امگا-۳ (حاصل از کبد و امعاء و احشاء) حاصل از این باقی مانده ها در هر سال و در نهایت میزان خروج هر ساله ارز از کشور را محاسبه نمود .

۱- مقدار کل پرورش ماهیان گرمابی درسال × درصد پرورش فیتوفاگ = مقدار کل پرورش فیتوفاگ درسال

۲- مقدار کل پرورش فیتوفاگ در سال × درصد ضایعات امعاء واحشاء= مقدار کل ضایعات فیتوفاگ درسال

۳- مقدار کل ضایعات فیتوفاگ درسال × درصد تبدیل ضایعات به امگا-۳= مقدار کل امگا-۳ حاصل درسال

۴- مقدار کل روغن ماهی حاصله × قیمت هر کیلوگرم روغن ماهی وارداتی در سال= مقدارخروج ارز از کشور

محاسبه مقداروارزش روغن ماهی(امگا-۳) استحصالی ازباقیمانده های فیتوفاگ درسالهای ۱۳۸٤-۱۳۸۳

بعنوان مثال با استفاده از فرمول فوق می توان ، روغن ماهی حاصله از این باقیمانده ها و به دنبال آن مقدار خروج ارز از کشور را در سالهای ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ محاسبه نمود.

محاسبه و مقدار ارزش روغن ماهی (امگا-۳) استحصالی از باقیمانده های فیتوفاگ در سال ۱۳۸۳

در این محاسبه درصد پرورش فیتوفاگ به طور متوسط ۵۷/۵٪ درنظر گرفته شده است و طبق آمار گزارش شده در دفتر طرح وتوسعه شیلات ایران در سال ۱۳۸۶ ، میانگین گوشت قابل استحصال ماهیان گرمابی فیتوفاگ ۷۰٪ است یعنی درصد باقیمانده های حاصل از پوست ، استخوان ، سر،دم و امعاء و احشاء فیتوفاگ حدود ۳۰٪ است .(۱۱) . در این محاسبات فرض می شود که درصد با قیمانده های حاصل از کبد و امعاء و احشاء فیتوفاگ ۱۵٪ باشد .طبق نتایج حاصل از آزمایش میزان امگا-۳ حاصل از بافت فیتوفاگ پس از استخراج و خالص سازی در بهترین شرایط به ۶۷/۸٪ وزنی می رسد که در این محاسبات میزان امگا-۳ حاصل شده از کبد و باقی مانده های فیتوفاگ نیز همین مقدار ۶۷/۸ ٪ وزنی در نظر گرفته می شود. با یک محاسبه ساده می توان مقدار امگا-۳

موجود در کبد فیتوفاگ را نیز بدست آورد. پس درصد تبدیل ضایعات کپور فیتوفاگ به امگا-۳، ۶۷/۸ ٪ وزنی در نظر گرفته شده است.

قیمت متوسط روغن ماهی به ازای هر کیلوگرم در سال ۱۳۸۳ ،۱۹۳۶۰ ریال و ارزش دلار نیز بطور تقریبی ۹۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است . کلیه محاسبات بر اساس این داده ها و فرضیات می باشد .

مقدار و ارزش واردات روغن ماهی برحسب تعرفه و کشورهای مبدأ در سال ۱۳۸۳ درجدول زیرنشان داده شده است .(۲۰)

جدول الف-۸ . مقدار و ارزش واردات روغن ماهی بر حسب تعرفه و کشورهای مبدأ در سال ۱۳۸۳(۲۰)

نام کشور	وزن(کیلوگرم)	ارزش ریالی	ارزش دلاری
امارات متحده عربی	۸۳۴۴	۲۰۱۱۲۷۸۳	۲۳۶۷
فرانسه	۳۵۰	۷۵۴۶۹۴۷۰	۸۸۷۹
هلند	۱۶۳۴۰	۳۸۹۰۸۱۲۱۸	۴۵۷۷۴
جمع تعرفه	۲۵۰۳۴	۴۸۴۶۶۳۴۷۱	۵۷۰۲۰

محاسبه مقدار و ارزش روغن ماهی(امگا-۳) حاصل از باقی مانده های فیتوفاگ در سال ۱۳۸۳

با توجه به جداول و درصدهای تبدیلی ارائه شده ، نرخ تقریبی دلار و همچنین کل تولید ماهیان گرم آبی(منابع و مزارع) در سال ۱۳۸۳ خواهیم داشت :

کیلوگرم کل پرورش ماهیان گرمابی در سال ۸۳ ۸۵۶۳۰۰۰۰ = تن / کیلوگرم ۱۰۰۰ × ۸۵۶۳۰ تن

کیلوگرم کل پرورش فیتوفاگ در سال ۸۳ ۴۹۲۳۷۲۵۰ = ٪۵۷/۵ × ۸۵۶۳۰۰۰۰

کیلوگرم مقدار کل ضایعات فیتوفاگ در سال ۸۳ ۷۳۸۵۵۸۷/۵ = ٪۱۵ × ۴۹۲۳۷۲۵۰

کیلوگرم امگا-۳ حاصله از ضایعات فیتوفاگ در سال ۸۳ ۵۰۰۷۴۲۸/۳۲۵ = ٪۶۷/۸ × ۷۳۸۵۵۸۷/۵

ریال ارز خروجی از کشور به واسطه واردات امگا-۳ در سال ۸۳ $۹/۶۹ \times ۱۰^{۱۰}$ = ۱۹۳۶۰ × ۵۰۰۷۴۲۸/۳۲۵

دلار ارز خروجی از کشور به واسطه واردات امگا-۳ در سال ۸۳ ۱۰۷۷۱۵۳۴/۷۱ = ۹۰۰۰ / $۹/۶۹ \times ۱۰^{۱۰}$

محاسبه مقدار و ارزش روغن ماهی(امگا-۳) استحصالی از باقیمانده های فیتوفاگ در سال ۱۳۸٤

در این محاسبه نیز درصد پرورش فیتوفاگ به طور متوسط ۵۷/۵٪ ، درصد ضایعات ۱۵٪ ، درصد تبدیل ضایعات به امگا-۳ ۶۷/۸٪ ، قیمت متوسط روغن ماهی به ازای هر کیلوگرم آن در سال ۱۳۸۴ ، با توجه به جداول ۲۸۵۴۵/۷۴۴۴۱ ریال و ارزش تقریبی دلار ۹۰۰۰ ریال درنظر گرفته شده است .

مقدار و ارزش واردات روغن ماهی بر حسب تعرفه و کشورهای مبدأ در سال ۱۳۸۴ در جدول زیر نشان داده شده است .(۲۰)

جدول الف-۹ . مقدار و ارزش واردات روغن ماهی بر حسب تعرفه و کشورهای مبدأ در سال ۱۳۸٤(۲۰)

نام کشور	وزن(کیلوگرم)	ارزش ریالی	ارزش دلاری
فرانسه	۱۸۰	۱۶۵۰۹۵۰۰	۱۸۵۸
هلند	۲۵۶۵۰	۷۲۰۸۲۷۰۷۸	۸۰۲۰۴
جمع تعرفه	۲۵۸۳۰	۷۳۷۳۳۶۵۷۸	۸۲۰۶۲

محاسبه مقدار و ارزش روغن ماهی (امگا-۳) حاصل از باقی مانده های فیتوفاگ در سال ۱۳۸٤

با توجه به جداول و درصدهای تبدیلی ارائه شده ، نرخ تقریبی دلار و همچنین کل تولید ماهیان گرمابی (منابع و مزارع) در سال ۱۳۸۴ خواهیم داشت :

کیلوگرم کل پرورش ماهیان گرمابی در سال ۸۴ ۹۵۵۷۵۰۰۰ = تن/ کیلوگرم ۱۰۰۰ × ۹۵۵۷۵ تن

کیلوگرم کل پرورش فیتوفاگ در سال ۸۴ ۹۵۵۷۵۰۰۰ × ٪۵۷/۵ = ۵۴۹۵۵۶۲۵

کیلوگرم مقدار کل ضایعات فیتوفاگ در سال ۸۴ ۵۴۹۵۵۶۲۵ × ٪۱۵ =۸۲۴۳۳۴۳/۷۵

کیلوگرم امگا-۳ حاصله از ضایعات فیتوفاگ در سال ۸۴ ۸۲۴۳۳۴۳/۷۵× ٪۶۷/۸ = ۵۵۸۸۹۸۷/۰۶۳

ریال ارز خروجی از کشور به واسطه واردات امگا-۳ در سال ۸۴

$$۵۵۸۸۹۸۷/۰۶۳\times ۲۸۵۴۵/۷۴۴۴۱ = ۱/۵۹۵۴۱۷۹۶۲ \times ۱۰^{۱۱}$$

دلار ارز خروجی از کشور به واسطه واردات امگا-۳ در سال ۸۴

$$۱/۵۹۵۴۱۷۹۶۲ \times ۱۰^{۱۱} / ۹۰۰۰ = ۱۷۷۲۶۸۶۶/۲۴$$

بنابراین با این ارقام قابل توجه می توان چنین استنباط کرد که این طرح در صنعت از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده و قابل بررسی به نظر می رسد .

Abstract

In Iran, Chinese carps (Common carp, Grass carp, Silver carp and Big head) are cultured by using poly culture methods. Carps have been interested for culture for some properties like easy to farming, fast growth, availability in all season and low lost. In this study, the amount of fatty acid composition in silver carp oil has been evaluated by urea complex method in 1, +5 and -5°C. The fatty acid was purified by crystallization method. The highest amount of fatty acid achieved in 1°C temperature. According to our results, n-3 fatty acid increased but saturated fatty acid and mono unsaturated decreased. Maximum purity of fatty acid in 1, 5 and -5°C temperature was found 67.8, 36.82 and 22.53 percent, respectively. In this project, proximate composition of silver carp meat was also evaluated. The n-3 fatty acid was microencapsulated by mass complex method and different parameters effects such as binding agent, different rate of mixing effect, ion power, different salt concentrations, usage of polyvinyl alcohol and glutaraldeid were studied. Average size of microcapsules in 100,300,500,750 and 1000rpm were found 537.2, 84.4, 12.98, 8.24 and 4 mμ, respectively. Results showed that the best salt concentration for encapsulation was 0.1 molar. In this concentration, the average of microcapsule size was received to 3.3. Using glutaraldeid, mixing glutaraldeid and polyvinyl alcohol and 0.1 molar salt and 1000rpm was prepared the best condition for formation the microcapsule.
Keywords: W3 fatty acid, silver carp oil, urea complex, microencapsulate

Ministry of Jihad – e – Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENTION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION

Title : Extracted and encapsulated Omega-3 fatty acids from *Hypohthalmichthys molitrix*

Apprpved Number:4-12-12-90030
Author: Abbasali Motalebi

Executor *:* Abbasali Motalebi

Collaborator *:*H.Alavi,R.Porgholam,M.Arjomand
Advisor(s): -
Supervisor: R.Safari
Location of execution : Tehran province
Date of Beginning : 2012
Period of execution : 3 Years
Publisher : ***Iranian Fisheries Research Organization***
Circulation : ***20***
Date of publishing : 2013
All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference

MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENTION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION

Title:

Extracted and encapsulated Omega-3 fatty acids from *Hypohthalmichthys molitrix*

Executor :

Abbasali Motalebi

Registration Number
41292