واحد بین الملل

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته

بیوتکنولوژی کشاورزی

ساخت نانوامولسیون و نانوفیلم با استفاده از آگار غنی شده با اسانس آویشن شیرازی

به کوشش

لادن رحمتی

استاد راهنما

دکتر غلامرضا کاوسی

اسفند ماه ۱۳۹۳

بسم الله الرحمن الرحيم

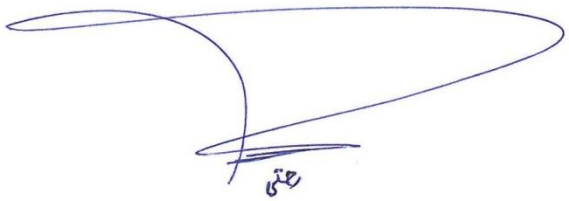
به نام خدا

اظـــهارنامه

اینجانب لادن رحمتی (۹۱۶۰۱۷۵) دانشـــجوی رشـــته مهندســـی کشـــاورزی گـــرایش بیوتکنولوژی کشاورزی دانشکده کشاورزی اظهار می‌کنم که این پایـــان نامـــه حاصـــل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیـــق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنـــین اظهـــار مـــی‌کـــنم کـــه تحقیـــق و موضـــوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دســـتاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: لادن رحمتی

تاریخ و امضاء: ۹۳/۱۲/۱۶



به نام خدا

ساخت نانوامولسیون و نانوفیلم با استفاده از آگارغنی شده با اسانس آویشن شیرازی

به کوشش

لادن رحمتی

پایان نامه‌ی

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم

برای اخذ درجه ی کارشناسی ارشد

دررشته‌ی:

بیوتکنولوژی کشاورزی

دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته‌ی پایان نامه، با درجه‌ی: عالی

دکتر غلامرضا کاوسی، دانشیار پژوهشکده زیست فناوری (استاد راهنما).....

دکتر علی نیازی، دانشیار پژوهشکده زیست فناوری (استاد مشاور).....

دکتر سید مهدی نصیری، استادیار بخش مهندسی بیوسیستم (داور متخصص داخلی).....

اسفند ماه ۱۳۹۳

سپاس مخصوص خداوند مهربان که بزرگترین امید و یاور در زندگانیست

و تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی لطف ، پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه سار درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان درراه کسب علم ودانش تلاش نمایم . والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم ، چراکه این دو وجود ، پس از پرودگار ، مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند .

سپاسگزاری

نخستین سپاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دریایی بیکران اندیشه، قطره‌ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشا نشیند. لذا اکنون که در سایه ساربنده نوازی هایش پایان نامه حاضر به انجام رسیده است، برخود لازم می دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریگرشان نبود، هرگز این پایان-نامه به انجام نمی رسید.

ابتدا از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر کاوسی که زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند. کمال سپاس را دارم.

از استاد عالی قدرجناب آقای دکتر نیازی که زحمت مشاوره این پایان نامه را متحمل شدند و همچنین از جناب آقای دکتر سید مهدی نصیری که زحمت داوری این اثر را بر عهده گرفتند ،صمیمانه تشکر می کنم .

کارکنان بخش بیوتکنولوژی خانم یوسفی و آقای زارع و از همکاری دوستان و همکلاسی ها بخصوص آقای مهندس صالحی، و تمام عزیزانی که به نحوی در مراحل این پژوهش مشمول لطف و عنایت آنان گردیدم کمال تشکر و قدردانی را به عمل می آورم.

سپاس آخر را به مهربان‌ترین همراهان زندگیم، به پدر ، مادر و برادر عزیزم تقدیم می کنم که حضورشان در فضای زندگیم مصداق بی ریای سخاوت بوده است.

چکیده

ساخت نانوامولسیون و نانوفیلم با استفاده از آگار غنی شده با اسانس آویشن شیرازی

به کوشش

لادن رحمتی

در این مطالعه نانوامولسیون آگار غنی شده با اسانس آویشن شیرازی تهیه شده و محلول حاصل جهت تهیه نانوفیلم مورد استفاده قرار گرفت. خواص فیزیکو شیمیایی و فیزیکومکانیکی نانوامولسیون آگار و نانو فیلم آگار غنی شده با اسانس آویشن شیرازی تعیین گردید. افزودن اسانس آویشن شیرازی به نانوامولسیون آگار باعث کاهش قابل توجه در مقادیر مربوط به چگالی، pH، رسانایی الکتریکی و اندازه ذرات نانوامولسیون آگار خالص شد. و باعث افزایش قابل توجه در میزان مقاومت، پتانسیل زتا و ویسکوزیته نانوامولسیون آگار شد. نانوفیلم آگار به وسیله نانوامولسیون آگار (۲ درصد نسبت وزنی/ حجمی) غنی شده با اسانس آویشن شیرازی (۲، ۴، ۶ و ۸ درصد حجمی/ حجمی از آگار) آماده شد. اختلاط اسانس آویشن شیرازی به نانوفیلم آگار باعث کاهش قابل توجهی در استحکام کششی و مدول لاستیکی و افزایش قابل توجه در مقدار مربوط به افزایش طول در نقطه ی پاره‌گی فیلم ها شد. نانوفیلم های آگار خالص جذب نور را درمحدوده ۲۸۰ تا۴۰۰نانومتر با حداکثر جذب ۳۲۰ نانومتر نشان دادند. علاوه بر این اسانس آویشن شیرازی باعث افزایش قابل توجهی در جذب نور و کدورت گردید. اختلاط اسانس آویشن شیرازی به درون فیلم آگار باعث کاهش قابل توجهی در تورم و جذب آب و افزایش حلالیت و نفوذپذیری به بخار آب گردید. نتایج ما نشان می دهد که نانو فیلم های آگار غنی شده با اسانس آویشن شیرازی با خواص مکانیکی خوب، قدرت جذب آب عالی و خاصیت آنتی اکسیدانی قابل توجه می توانند به عنوان یک ماده بسیار جذاب برای کاربردهای مختلف در زیست پزشکی به عنوان فیلم پانسمان زخم و برای کپسوله کردن اسانس های گیاهی و همچنین به عنوان ماده بسته بندی کننده در صنایع غذایی مورد استفاده قرار گیرند.

کلمات کلیدی : اسانس، آگار، آنتی اکسیدان ، نانوامولسیون ، نانو فیلم .

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	
۱-۱- معرفی آگار و کاربردهای آن	۲
۱-۱-۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آگار و آگاروز	۴
۱-۱-۲- عوامل اثرگذار بر شیمی و مشخصات فیزیکی شیمیایی آگار و آگاروز	۱۰
اهداف تحقیق	۱۳
فصل دوم: مروری بر پژوهشهای پیشین	
تاریخچه استفاده آگار	**۱۵**
۲-۱- نانوفیلم های ساخته شده بر اساس آگار	۱۶
۲-۲- نانو کامپوزیت های ساخته شده بر اساس آگار	۱۹
فصل سوم: مواد و روش ها	
۳-۱- مواد	۲۵
۳-۲- اسانس گیری و آنالیز اسانس	۲۵
۳-۳- آماده سازی نانومولسیون های آگار و ساخت نانو فیلم	۲۶
۳-۴- خصوصیات نانومولسیون	۲۶
۳-۴-۱- چگالی نانومولسیون	۲۷

۳-۴-۲- pH، رسانایی الکتریکی و مقاومت نانوامولسیون ۲۷
۳-۴-۳- اندازه ذرات و پتانسیل زتا ۲۷
۳-۴-۴- ویسکوزیته نانوامولسیون ۲۸
۳-۵- حلالیت در آب ۲۹
۳-۶- نفوذپذیری به بخار آب ۲۹
۳-۷- آزمون تورم سنجی ۳۰
۳-۸- جذب آب ۳۱
۳-۹- بررسی خواص مکانیکی ۳۱
۳-۱۰- جذب نور و کدورت ۳۲
۳-۱۱- رنگ فیلم ۳۲
۳-۱۲- میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM) ۳۳
۳-۱۳- آزمون فعالیت آنتی اکسیدانی ۳۳
۳-۱۳-۱- مهار رادیکال فعال ABTS ۳۳
۳-۱۳-۲- مهار رادیکال فعال DPPH ۳۴
۳-۱۴- تجزیه و تحلیل آماری ۳۴

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- چگالی نانوامولسیون آگار ۳۶
۴-۲- pH نانوامولسیون آگار ۳۷
۴-۳- رسانایی و مقاومت نانوامولسیون آگار ۳۷
۴-۴- پتانسیل زتا نانوامولسیون آگار ۳۹
۴-۵- اندازه ذرات نانوامولسیون آگار ۳۹

۴-۶- ویسکوزیته نانوامولسیون آگار ۴۰
۴-۷- حلالیت فیلم ۴۲
۴-۸- نفوذپذیری به بخار آب ۴۳
۴-۹- تورم و جذب آب ۴۴
۴-۱۰- خواص مکانیکی ۴۵
۴-۱۱- جذب نور و کدورت ۴۸
۴-۱۲- آنالیزرنگ ۴۹
۴-۱۳- مورفولوژی فیلم ۵۰
۴-۱۴- فعالیت آنتی اکسیدانی ۵۲
فصل پنجم: نتیجه‌گیری
نتیجه گیری ۵۵
فهرست منابع
منابع ۵۷

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱- چگالی محلول های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۳۶

جدول ۴-۲ - pH محلول های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۳۷

جدول ۴-۳- رسانایی الکتریکی و مقاومت محلول های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۳۸

جدول ۴-۴- اندازه ذره و پتانسیل زتا محلول های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۴۰

جدول ۴-۵- ویسکوزیته محلول های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۴۱

جدول ۴-۶ - حلالیت در آب فیلم های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۴۳

جدول ۴-۷- نفوذپذیری به بخار آب فیلم های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۴۴

جدول ۴-۸- جذب آب و تورم فیلم های آگا ر با اسانس آویشن شیرازی ۴۵

جدول ۴- ۹- خواص مکانیکی فیلم های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۴۷

جدول ۴-۱۰- کدورت فیلم های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۴۹

جدول ۴-۱۱- خواص و رنگ فیلم های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۵۰

جدول ۴-۱۲ - فعالیت آنتی اکسیدانی فیلم های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۵۳

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۱-تصاویر میکروسکوپ الکترونی نگاره فیلم های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۵۱

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۴-۱- آزمون جذب نور فیلم های آگار با اسانس آویشن شیرازی ۴۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱- معرفی آگار و کاربردهای آن

فیلم های زیست تخریب پذیر و بادوام دارای پایداری و قدرت بالا با استفاده از پلی مرهای پلی ساکاریدی امروزه در جهان کاربردهای وسیعی در داروسازی، پزشکی و کشاورزی پیدا کرده است. در بین این پلی‌مرهای زیستی، آگار پلی مری است که به صورت طبیعی از جلبک دریایی بدست آمده است که کاربردهای گسترده ای در پزشکی و داروسازی دارد. آگار یک پلی ساکارید آب دوست است که از جلبک دریایی قرمز مانند جلیدیوم و گونه های آریکیلاریا بدست آمده است و مخلوط ناهماهنگی از آگاروز و آگاروپکتین است. آگاروز و آگاروپکتین هر دو از واحدهای متناوب D – گالاکتوز و ۳ و۶ آلفا – ال گالاکتوپیرانوزیل تشکیل شده اند.

اما آگاروپکتین دارای گروه های اسیدی از جمله گروه های سولفات و پیرووات است در نتیجه آگاروز و آگاروپکتین به ترتیب دارای بارالکتریکی خنثی و منفی هستند (Guerrero *et al*,2014).

آگار یک کلوئید آب دوست است و دارای قابلیت تشکیل ژل و فیلم می باشد علاوه براین فیلم آگار قابل ارتجاع در برابر گرما، زیست تخریب و زیست سازگار دارای قدرت مکانیکی بالا همراه با مقاومت در برابر آب است. (Lopez de Lacey *et al*,2014). با این وجود آگار فعالیت آنتی اکسیدانی خیلی ضعیف دارد و هیچ فعالیت ضد میکروبی نشان نداده است که باعث شده تا کاربرد آن به عنوان یک فیلم فعال محدود شود. (Wijesekara *et al*,2011). بنابراین عوامل ضد میکروبی مصنوعی و شیمیایی مانند ذرات نانو سیلور. وساولن, بتادین و سیپروفلوکساسین به منظور ایجاد خاصیت ضد میکروبی درنانوفیلم ها مورد استفاده قرار گرفتند. با وجود این که

ترکیبات ضد میکروبی مصنوعی به طور موفقیت آمیزی در کاربردهای مختلف پزشکی مورد استفاده قرار گرفته اند. یک گرایش رو به رشد در استفاده از عصاره و اسانس های گیاهی به عنوان منابع طبیعی ترکیبات ضد میکروبی/ ضد اکسیدانی در تهیه نانوفیلم ها ایجاد شده است. (Ponce *et al* ,2011).

بررسی های کمی بر روی فعالیت آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی نانوفیلم های آگار غنی شده با اسانس بدست آمده از گیاهان دارویی صورت گرفته است. از آنجایی که آگار زیست تخریب پذیر، سازگار به محیط زیست است و قابلیت ارتجاع در برابر گرما را دارد و همچنین با مقاومت متوسط در برابر آب استحکام مکانیکی بالایی دارد، به عنوان یک منبع جایگزین برای مواد بسته بندی پلاستیکی غیر قابل تجدید و تجزیه پذیر زیستی استفاده شده است. (Phan, Debaufort, Voilley, & Luu, 2009; Wu, Geng, Chang, Yu, & Ma, 2009) . آگار به منظورتهیه مواد بسته بندی سازگار با محیط زیست مانند فوم ها ، فیلم ها ،پوشش ها مورد آزمایش قرار گرفته است. (Freile-Pelegrín *et al*., 2007, Phan *et al*., 2005, 2009) .

همچنین برای بهبود خواص مکانیکی و به عنوان مانع در برابر بخار آب به سایر پلی مرهای زیستی مانند پروتئین شیر (Letendre, D'Aprano, Lacroix, & Salmieri, 2002)و نشاسته اضافه شده است (Wu *et al*., 2009) .

با این حال اغلب پلی مرهای زیستی خالص به دلیل شکنندگی و خواص دیگر مانند پایداری حرارتی کم و خواص متوسط مانع بودن در برابر گاز و مقاومت پایین در برابر آب برای استفاده در بسته بندی مواد غذایی مناسب نیستند (Sorrentiono, Gorrasi, & Vittoria, 2007) .

۱-۱-۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آگار و آگاروز

فیکوکولئیدها، پلی‌ساکاریدهای محلول در آب (هیدروکولوئیدها) هستند که از جلبک‌های دریایی استخراج می‌شوند. این عصاره‌ها علاوه بر داشتن کاربردهای صنعتی متعدد، در غذای انسان‌ها و حیوانات نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. تعدّد و کثرت استفاده از این پلی‌ساکاریدها براساس عملکرد آنها در محلول است. گونه‌های مختلف خزه و جلبک دریایی باعث ایجاد پلی‌ساکاریدهای با اهمیت تجاری می‌شوند. آگارها و کاراگینان‌ها از جلبک‌های قرمز رودوفیاسه ، به دست می‌آیند و گالاکتان‌های سولفات‌دار شده با درجات متفاوت هستند. آلژینات‌ها از خزه‌ها و جلبک‌های قهوه‌ای فائوفیاسه، به دست می‌آیند و پلیمرها متشکل از قطعات بخش‌های پلی‌گولورونیک و پلی مانورونیک هستند. آگار قدیمی‌ترین فیکوکولوئید است و در سال ۱۶۵۸ توسط مینویا تارازامون در ژاپن کشف شد که در آنجا کانتن نامیده می‌شود که به معنای «آسمان یخزده» است. این نام به صورت تلویحی روش طبیعی تولید کانتن به وسیله یخ زدن و آب شدن را توصیف می‌کند که از زمان کشف آن در قرن هفدهم مورد استفاده قرار گرفته است. پاین در سال ۱۸۵۹ آگار را ژیلوس نامید. استفاده از جلبک‌های مختلف از بخش‌های مختلف دنیا به صنعت کاران اجازه می‌دهد تا آگارهای باکتریولوژیکی را با ویژگی‌های متفاوت از قبیل میزان خاکستر و قدرت ژل، مخلوط و تولید کنند.

مهمترین مشخصات آگار باکتریولوژیکی عبارتند از:

۱) شفافیت خوب در شکل ژل و سول، ۲) قدرت ژل ثابت، ۳) دمای ژلاتینه شدن ۳۶°C و دمای ذوب ۸۷°C که از ابتدا تا انتها ثابت است (این اختلاف دما، هیسترزیس است که در آگار بهتر از هیدروکلوییدهای دیگر است)، ۴) مقدار پایین و کم الیگومرها و پروتئین‌ها که نمی‌توان از آنها به عنوان منبع مواد مغذی برای میکروارگانیزم‌ها استفاده کرد، ۵) مقدار پایین و متوسط گروه‌های الکترونگاتیو که توانست منجر به تفاوت و اختلاف در پخش مولکول‌های الکتروپوزیتیو شود (آنتی‌بیوتیک‌ها، مواد مغذّی، متابولیت‌ها و....) ، ۶) عاری از مواد سمّی (بازدارنده‌های باکتریایی)، ۷) عاری از مواد همولایتیک که ممکن است با واکنش‌های طبیعی در واسطه کشت تداخل پیدا کند، ۸) عاری از آلوده شدن به وسیله هاگ‌های گرماگرای. برای

اطمینان از عملکرد مناسب آگار در فرمولاسیون‌های واسطه بسیار متفاوت و با رشته‌های باکتریایی متفاوت بسیار، کنترل فاکتورهای دیگر نیز لازم است.

آگار متشکل از مخلوط‌های گالاکتان‌هاست که میانگین میزان سولفات آنها بین ۱/۵ و ۶ درصد با مقادیر کمتر بقایای گولورونیک و پیرویک است. این گالاکتان‌های خطی به وسیله تغییر بخش‌های گالاکتو پیرانوزهای D و L تشکیل می‌شوندAraki در سال ۱۹۳۷ در مورد روشی برای تجزیه و تفکیک آگار به اجزای اصلی آن، یعنی آگاروز و آگاروپکتین، گزارش داد. تا هنگامیکه Hjerten(1961)در آبسالا یک تکنیک ساده برای تولید آگاروز پیشنهاد کرد به روش آراکی ارزش داده نشد. ساختار ثانویه آگاروز دارای وزن مولکولی حدود ۱۲۰۰۰۰ دالتون است که به وسیله فرایندهای رسوب‌گذاری ارائه شده در ۴۰۰ بخش (واحد) آگاروبیوز مرتبط با هم یا ۸۰۰ واحد هگزوز وصل شده به صورت خطی تعیین شده است.

این ساختار خطی و تکراری را باید به عنوان یک ساده‌سازی مطلوب در نظر گرفت چون در عمل، به دست آوردن یک آگاروز کاملاً فاقد گروه‌های الکترونگاتیو (سولفات‌ها، پیروات‌ها، گولورونات‌ها و احتمالاً دیگر گروه‌های کربوکسیلیک) غیرممکن است. گروه‌های پیروات باقیمانده به صورتO - 4, 6- (۱- کربوکسی اتیلیدین) – D- گالاکتوز مشاهده می‌شوند (Hirase,1962).

آگاروپکتین دارای ساختار مشابهی است البته با میزان 3 ,6 انهیدرو – L – گالاکتوز بسیار کمتر . تعداد تکرارهای دو بخشی حدود ۷۵ تا ۱۰۰ است و وزن مولکولی حدود ۱۶۰۰۰ دالتون است. آگاروز یک مولکول خنثی به حساب می آید، حتی با اینکه بهترین روش‌های تحلیلی نتوانست خنثایی شیمیایی را اثبات کند. Duckworth and Yaphe (1971) تعریفی اینگونه مطرح کردند:

آگاروز مخلوطی از مولکول‌های آگار است که دارای کمترین میزان بار هستندو بنابراین بیشترین توانایی ژلاتینی شدن را دارند و از یک کمپلکس کامل مولکول‌ها که آگار نامیده می‌شود تجزیه و تفکیک شده‌اند. آگاروز خوب از نظر تجاری، آگاروزی است که کمتر از ۰/۳۵ درصد سولفات داشته باشد (پرونارز D-3 کمتر از ۱۰٪ درصد سولفات دارد). مقدار پیروات نیز بسیار کم است. در حال حاضر هیچ تکنیکی که به حد کافی برای تعیین کمیت مقدار اسید گولورونیک آگاروز حساس باشد وجود ندارد. ساختار آگاروز در مقابل هیدرولیز (تجزیه) آنزیمی

فوق‌العاده مقاوم است و باکتری‌های بسیار کمی توانایی تولید آگارازهای α یا β را دارنـد. البتـه تعداد کمی از گونه‌ها، از جمله پزودوموناس آتلانتیکا و باسیلوس سرئوس می‌تواننـد آگـاروز را به صورت آنزیمی تخریب کنند.

۱) قدرت ژل بالا نتیجه محتوای مولکولی زیاد و میزان سولفات کـم اسـت. متأسـفانه هـیچ ارتباطی میان قدرت ژل و میانگین وزن مولکولی آگـاروز وجـود نـدارد و بـا کـاهش میـزان سولفات، قدرت ژل برای آگاروز یکسان افزایش می‌یابد. برای پی بردن به رابطه متقابل میان وزن مولکولی و قدرت ژل، تحقیق اساسی‌تر لازم است .

۲) هیسترزیس تشکیل ژل: هیسترسیس یعنی در دمای ۸۵ تا ۹۰ درجه ذوب می شود و در دمای ۳۵ تا ۴۰ درجه به حالت جامد در می آید. در آگاروز به دست آمده توسط سـنتز، تغییـر در دمای ژلاتینی شدن (همیشه کاهش دما) منجر به کاهش دمای ذوب می‌شود و به طور کلی، مقدار هیسترزیس تشکیل ژل نیز کاهش می‌یابد.

۳) حضور گروه‌های الکترونگاتیو: تعیین کمیّت گـروه‌هـای سـولفات (٪۰/۳۵ ≥) و پیـروات (معمولاً ۰/۲ درصد یا کمتر) آسان است، البته هیچ تکنیکی که به انـدازه کـافی بـرای ارزیـابی گروه‌های اسید گولورونیک باقیمانده حساس باشد وجود نـدارد. ایـن گـروه‌هـا در ارزیـابی‌هـای الکترواندویمزیز[1] می‌توانند به عنوان یک مانع عمل کنند. تغییرات جزئی در تکنیک می‌توانـد باعث تغییرات چشمگیر در مقادیر عددی نتایج گردد.

بسیاری از موارد استفاده از آگار و آگاروز مربوط به تشکیل ژل‌هـای برگشـت‌پـذیر حرارتـی در غلظت‌های پـایین در آب بـا هیسـترزیس بـزرگ اسـت (Meer,1980). مشخصـات فیزیکـی – شیمیایی و رئولوژیکی این پلی‌ساکاریدها جلبکی مربوط به ساختار شیمیایی آنهاسـت. در سـال 1965 Arakiدر مقاله بین‌المللی جلبک و خزه دریایی، شیمی آگار را مورد بـازبینی قـرارداد. از آن زمان، پیشرفت این روش باعث آشکار شدن مشخصات ساختاری خوب ایـن پلـی‌سـاکاریدها گردید. هدف این بازبینی، خلاصه کردن پیشرفت‌های اخیر صورت گرفتـه در زمینـه شـیمی و مشخصات فیزیکی- شیمیایی آگار است.

چون پی‌بردن به ساختار شیمیایی آگار، از طریـق بررسـی‌هـای تفکیـک و تجزیـه براسـاس مشخصات شیمیایی خاص این پلی‌ساکاریدها پیشرفت کرده است ابتـدا ایـن مشخصـات مـورد

[1] Electroendosmosis

بررسی و بازبینی قرار خواهند گرفت. احتمالاً قدیمی‌ترین تفکیک فیزیکی شیمیایی آگار، روش کلاسیک «ژل‌شدن و آب‌شدن» است. پلی‌ساکاریدهای ژل شونده به سادگی، از طریق منجمد کردن و آب کردن یا از طریق فشرده سازی یک ژل آگار، از پلی‌ساکاریدهای غیرژل شونده جدا می‌شوند. ساختار آگار برخی از پلی‌ساکاریدهای غیرژل شونده مشخص شده است (Lahaye ,1986).

از مدتها قبل، انحلال‌پذیری متفاوت پلی‌ساکاریدهای آگار بومی یا جایگزین شده برای موارد زیر مورد بهره‌برداری قرار گرفت:

۱) اثبات ناهمگنی آگار، ۲) جداسازی آگاروز، کسر پلی‌ساکارید دارای بیشترین پتانسیل تشکیل ژل، از به اصطلاح آگاروپکتین که پلی‌ساکاریدهای باردار غیرژل شونده یا ژل شونده ضعیف است (Araki,1937). (Yanagawa 1936)، *Gelidium amansii* Lamour را با آب در دمای ۳۰، ۵۰ تا ۵۵ و ۷۵ تا ۸۰ درجه سانتیگراد استخراج کرد و کسرهایی با مقدار سولفات متفاوت به دست آورد. وی همچنین بازده‌های متفاوت در کسرهایی از آگار، از گونه‌های *Gelidium*، *Acanthopeltis* ، *Ceramium*، *Gracilaria* و *Gloipeltis* استخراج شده با جوشاندن در الکل ۷۰، ۶۰ و ۵۰٪ و آب به دست آورد. Guiseley (1970)دریافت که آگار متیل‌دار شده در اتانول داغ استفاده شده برای رسوب‌گذاری پلی‌ساکاریدها قابل حل است، ویژگی که برای ارائه یک استخراج حلال پی‌درپی آگار حاوی آب در دماهای مختلف و غلظت‌های متفاوت محلول‌های جوشان آب – اتانول مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

تفاوت در چگالی پلی‌ساکاریدهای آگار در تکنیک کرماتوگرافی تبادل آنیون ارائه شده توسط ایزومی (Izumi,1972) و گروه یافی مورد بهره‌برداری قرار گرفت (Duckworth *et al*,1971). بنابراین آگار متشکل از گروه‌های مولکول‌های ناهمگن (ناجور) است که از نظر مشخصات فیزیکی شیمیایی تفاوت دارند. توانایی تشکیل ژل و انحلال‌پذیری پلی‌ساکاریدهای آگار متکی بر آب گریزی نسبی واحد تکرار شونده بازی، 1 , 3 – B – D – گالاکتوپیرانوز و 1 ,4 – 3 , 6- انهیدرو – L – α – گالاکتوپیرانوز یا آگار بیوز (۱) (Araki,1966) و جایگزین شدن آن به وسیله گروه‌های آب گریز (متوکسیل) و قطبی (سولفات، پیرووات) است. ژل‌های آگار در صورتی تشکیل می‌شوند که آرایش مارپیچ پلی‌ساکاریدهای آگار امکان‌پذیر باشد و در صورتیکه این مارپیچ‌های حلقه‌ای بتوانند انباشته شوند (Ress&Welsh, 1977). آرایش منظم آگاروز، دو