

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

۳۴۸۹۵



دانشکده فنی

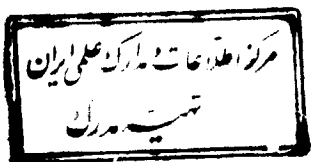
عنوان :

**بررسی شرایط بهینه تولید پلی الکترولیت کیتوزان در
مقیاس آزمایشگاهی و کاربرد آن در تصفیه آب و پساب**

نگارش :

۱۳۸۰ / ۵ / ۲۰

ناصر فلاح



استاد راهنما :

دکتر بهروز میثمی

استاد مشاور :

012083

مهندس کامیار یغمائیان

پایان نامه کارشناسی ارشد

در

رشته مهندسی شیمی



۸۰ خرداد

۱۳۸۵

تقدیم به :

همسر و فرزندانی

چکیده :

کیتوزان یک پلی الکترولیت کاتیونی طبیعی می باشد که قابل تجزیه بیولوژیکی بوده و غیرسمی می باشد. کیتوزان از پوسته سخت پوستان دریائی بخصوص میگو قابل استحصال می باشد و با توجه به اینکه ضایعات پوست میگو بمقدار قابل ملاحظه و بعنوان محصول جانبی در تولیدات شیلات موجود است، تولید این ماده در کشور امکان پذیر می باشد. در این مطالعه روشهای مختلف برای تهیه کیتوزان در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی از پوست میگو مورد بررسی قرار گرفتند. روشهای تصحیح یافته Liu و CIFT مناسبترین روشهای تولید آزمایشگاهی کیتوزان از پوست میگو بودند. با استفاده از این روشها نمونه های کیتوزان از نمونه های پوست میگوی تهیه شده از شیلات جنوب در شرایط فیزیکی و شیمیائی مختلف تهیه گردیدند که راندمان تولید در اغلب این آزمایشات بین ۸ تا ۱۰ درصد بودند. طیف های IR و DTG نشان دادند که محتوای کیتین نمونه پوست میگوی خام حدود ۲۰ درصد و درجه خلوص نمونه های کیتوزان تولیدی و تجاری (بعنوان مرجع) بیش از ۹۰ درصد بود. در آزمایشات انجام شده راندمان عملیات تخلیص نمونه پوست میگو و واکنش دی استیلاسیون به ترتیب ۵۰ و ۸۰ درصد بدست آمدند. با مقایسه طیف های IR و DTG نمونه های کیتوزان تولیدی توسط روشهای تصحیح یافته Liu و CIFT با طیف های نمونه کیتوزان تجاری، نمونه هایی با بالاترین خلوص برای انجام آزمایشات جار انتخاب گردیدند. نمونه انتخابی در روش تصحیح یافته Liu حاوی ۵/۵۹ درصد رطوبت و نمونه انتخابی در روش CIFT دارای ۶ درصد رطوبت بودند که با احتساب مقادیر کمی ناخالصی، مقدار کیتوزان موجود در هر یک از آنها بالاتر از ۹۰ درصد وزنی برآورد گردید. این بررسی ها همچنین نشان دادند که کیفیت و خلوص کیتوزان تولیدی با روش CIFT نسبت به نمونه دیگر بالاتر می باشد. نمونه های تولیدی انتخاب شده و نیز نمونه کیتوزان تجاری به همراه آلوم بعنوان منعقد کننده اصلی در جار تست جهت کاهش کدورت محلول خاک رس (clay) در شرایط متغیر pH، میزان تزریق مواد، زمان ته نشینی، زمان لخته سازی و ... مورد آزمایش قرار گرفتند. مقایسه عملکرد نمونه کیتوزان تجاری و نمونه های کیتوزان تولیدی در کاهش کدورت آب نشان داد که فلوکهای تشکیل شده توسط کیتوزان تجاری احتمالاً بدلیل بالاتر بودن وزن مولکولی آن نسبت به نمونه های کیتوزان تولیدی، درشت تر بوده و برای ته نشینی به زمان کمتری نیاز داشتند. همچنین نتایج این آزمایشات نشان داد که نمونه کیتوزان تولیدی با روش CIFT از نقطه نظر کاهش کدورت آب دارای عملکرد بهتری نسبت به نمونه کیتوزان تولیدی با روش تصحیح یافته Liu می باشد. بررسی های بعمل آمده مشخص نمود pH بهینه برای کاربرد کیتوزان به همراه آلوم، در محدوده ۹ - ۱۰/۵ بوده و زمانهای لخته سازی و ته نشینی بایستی بترتیب در محدوده ۳۰-۱۵ دقیقه و ۳۰-۱۰ دقیقه در نظر گرفته شوند. در آزمایشات جار مشخص گردید که وزن مولکولی کیتوزان مصرفی در میزان تزریق آن تاثیر عمده ای نداشته ولی در اندازه فلوکهای تشکیل شده موثر می باشد.

قدردانی :

ابتدا لازم است از زحمات و راهنمائیهای استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر بهروز میثمی و توصیه های استادانه ایشان در این پروژه صمیمانه تشکر نمایم. همچنین از راهنمائیهای مشاور محترم پروژه جناب آقای مهندس کامیار یغمائیان و نیز همکاریها و زحمات صمیمانه دوست ارجمند جناب آقای مهندس خشایار محمدبیگی در انجام این پروژه قدردانی می نمایم. در انتها از همکار ارجمند سرکار خانم مهندس پریدخت ابراهیم نیا به جهت همکاری در این پروژه و نیز از سرکار خانم مهرنوش دل زنده به جهت تایپ گزارش پروژه تشکر می نمایم.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	فصل اول : مقدمه
۵	فصل دوم : تئوریهای انعقاد و لخته سازی بوسیله پلی الکتروولیت ها
۶	۱-۲- سیستم های کلونیدی
۶	۲-۲- پایداری کلونیدها
۶	۱-۲-۲- پایداری الکترواستاتیک
۸	۲-۲-۲- پایداری استریک
۱۰	۳-۲- مکانیسم های انعقاد و لخته سازی
۱۰	۱-۳-۲- فشردگی لایه دابل الکتريکی
۱۰	۲-۳-۲- جذب سطحی و خنثی سازی بار
۱۱	۳-۳-۲- به دام افتادن ذرات در رسوب ها (انعقاد جارویی)
۱۲	۴-۳-۲- جذب سطحی و تشکیل پل های شیمیایی بین ذرات و پلیمرها
۱۵	۴-۲- ایزوترم های جذب پلیمرها
۱۶	۵-۲- لخته سازی ذرات کلونیدی با پلیمرهای بار مخالف
۱۹	فصل سوم : پلی الکتروولیت های مورد استفاده در سیستم های تصفیه آب و پساب
۲۰	۱-۳- پلی الکتروولیت های مصنوعی در سیستم های تصفیه آب و پساب
۲۳	۱-۱-۳- پلی اکریل آمید
۲۳	۲-۱-۳- پلی دی آلایل دی متیل آمونیوم کلراید
۲۳	۳-۱-۳- اپی کلروهیدرین - دی متیل آمین
۲۴	۴-۱-۳- پلی الکتروولیت های مصنوعی تجاری
۲۵	۲-۳- پلیمرهای آلی طبیعی
۲۵	۱-۲-۳- کیتوزان
۲۷	۲-۲-۳- آلژینات سدیم
۲۷	۳-۲-۳- نشاسته

۲۸	۳-۳- مقایسه پلی الکترولیت های طبیعی
۲۹	فصل چهارم : خصوصیات و کاربردهای کیتین و کیتوزان
۳۰	۱-۴- ساختمان مولکولی کیتین و کیتوزان
۳۲	۲-۴- منابع تولید کیتین
۳۳	۳-۴- فرآیند تولید کیتین
۳۳	۴-۴- فرآیند تولید کیتوزان
۳۴	۵-۴- محصولات تجاری کیتوزان
۳۴	۶-۴- خصوصیات عمومی کیتوزان
۳۴	۷-۴- خصوصیات بیولوژیکی کیتوزان
۳۵	۸-۴- خصوصیات شیمیائی کیتوزان
۳۶	۹-۴- میزان مصرف کیتوزان در دنیا
۳۷	۱۰-۴- روش شناسایی کیتین و کیتوزان
۳۸	۱۱-۴- آنالیز عناصر کیتوزان
۳۹	۱۲-۴- خصوصیات فیزیکی کیتوزان
۳۹	۱-۱۲-۴- وزن مولکولی
۴۰	۲-۱۲-۴- ویسکوزیته کیتوزان
۴۱	۳-۱۲-۴- اثر زمان دی استیله شدن بر توزیع وزن مولکولی و ویسکوزیته کیتوزان
۴۳	۱۳-۴- غشاء های کیتوزان
۴۴	۱۴-۴- حلالیت کیتوزان
۴۵	۱۵-۴- ساختمان ماکروکیتین
۴۷	۱۶-۴- میزان جذب یونهای فلزات قلیائی و قلیائی خاکی با کیتین و کیتوزان
۴۸	۱۷-۴- جذب یونهای فلزات واسطه بوسیله کیتوزان
۵۲	۱۸-۴- کاربردهای کیتوزان
۵۲	۱-۱۸-۴- تصفیه آب
۵۲	۲-۱۸-۴- تصفیه پسابهای صنعتی
۵۲	۳-۱۸-۴- شلات کردن فلزات
۵۲	۴-۱۸-۴- کروماتوگرافی
۵۳	۵-۱۸-۴- داروسازی

۵۴	۴-۱۸-۶- تولید مواد بهداشتی
۵۴	۴-۱۸-۷- کشاورزی
۵۵	۴-۱۸-۸- صنایع غذایی
۵۵	۴-۱۸-۹- تهیه خوراک دام
۵۶	۴-۱۸-۱۰- پزشکی
۵۶	۴-۱۸-۱۱- کاغذ سازی و نساجی
۵۷	۴-۱۸-۱۲- عکاسی و چشم پزشکی

۵۸ فصل پنجم: روشهای استخراج کیتین و تولید کیتوزان و انتخاب روشهای مناسب

۶۰	۵-۱- فرآیند استخراج کیتین
۶۱	۵-۲- فرآیند دی استیلاسیون کیتین و تولید کیتوزان
۶۳	۵-۳- روشهای آزمایشگاهی استخراج کیتین
۶۴	۵-۴- روشهای استخراج کیتین از اسکلت خارجی خرچنگ
۶۴	۵-۴-۱- روش هاگمن
۶۴	۵-۴-۲- روش ویستلر و بملیر
۶۴	۵-۴-۳- روش روسمان
۶۴	۵-۴-۴- روش فوستر و هاگمن
۶۵	۵-۴-۵- روش تاکدا و کاتسووا
۶۵	۵-۴-۶- روش بروسیناک
۶۶	۵-۵- روشهای استخراج کیتین از اسکلت خارجی میگو
۶۶	۵-۵-۱- روش لیو
۶۶	۵-۵-۲- روش ویستلر
۶۶	۵-۵-۳- روش روسمان
۶۷	۵-۵-۴- روش کیفون
۶۷	۵-۵-۵- روش هاگمن
۶۷	۵-۵-۶- روش ویستلر و کیفون
۶۷	۵-۵-۷- روش تصحیح یافته لیو
۶۸	۵-۵-۸- روش CIFT
۶۸	۵-۶- روش استخراج کیتین از پوسته لابستر و صدف داخلی ماهی مرکب

۶۹	۷-۵- روشهای آزمایشگاهی تهیه کیتوزان از کیتین
۶۹	۱-۷-۵- روش هورویتر
۶۹	۲-۷-۵- روش ریگی و ولفرم
۷۰	۳-۷-۵- روش بروسیناک
۷۰	۴-۷-۵- روش تصحیح یافته ليو
۷۰	۵-۷-۵- روش CIFT
۷۰	۸-۵- انتخاب روش (روشهای) مناسب برای تولید آزمایشگاهی کیتوزان
۷۰	۱-۸-۵- وضعیت صید سخت پوستان دریایی در ایران
۷۲	۲-۸-۵- کیفیت کیتین
۷۲	۳-۸-۵- مقایسه آنالیز عناصر در کیتین استخراج شده از میگو و لابستر و خرچنگ
۷۳	۴-۸-۵- روشهای انتخابی

۷۹ فصل ششم : شرح روشها و انجام آزمایشات

۸۰	۱-۶- روش آزمایشگاهی تعیین میزان کیتین از پوست میگو
۸۰	۲-۶- روشهای آزمایشگاهی انتخاب شده برای تهیه کیتوزان
۸۰	۱-۲-۶- روش آزمایشگاهی تصحیح یافته ليو برای تهیه کیتوزان از پوست میگو
۸۱	۲-۲-۶- روش آزمایشگاهی CIFT برای تهیه کیتوزان از پوست میگو
۸۴	۳-۲-۶- تعیین شرایط بهینه برای تهیه آزمایشگاهی کیتوزان
۸۴	۳-۶- روش آزمایشگاهی ارزیابی خلوص نمونه های کیتوزان تهیه شده
	۴-۶- روشهای آزمایشگاهی ارزیابی عملکرد نمونه های کیتوزان تولیدی در مقایسه با کیتوزان تجاری
۸۴	
۸۶	۱-۴-۶- روش تهیه محلولها و نمونه آب کدر
۸۶	۱-۱-۴-۶- محلول آلوم (منعقد کننده)
۸۶	۲-۱-۴-۶- محلول کیتوزان (کمک منعقد کننده)
۸۷	۳-۱-۴-۶- محلول آهک
۸۷	۴-۱-۴-۶- محلول اسید هیدروکلریک و هیدروکسید سدیم
۸۷	۵-۱-۴-۶- نمونه آب کدر
۸۷	۲-۴-۶- روش آزمایش

۹۱	فصل هفتم : شرح و تحلیل نتایج
۹۲	۱-۷- شرح و تحلیل آنالیز کمی و کیفی نمونه پوست میگو
۹۲	۱-۱-۷- تعیین کمی و کیفی مواد معدنی
۹۲	۲-۱-۷- تعیین کمی روغنهای همراه
۹۲	۳-۱-۷- تعیین کمی و کیفی کیتین
۹۳	۴-۱-۷- بررسی رفتارهای حرارتی
۹۷	۲-۷- شرح و تحلیل نتایج آزمایشات تعیین شرایط بهینه برای تهیه کیتوزان
۱۰۲	۳-۷- شرح و تحلیل نتایج آزمایشات ارزیابی خلوص نمونه های کیتوزان تهیه شده
۱۰۲	۱-۳-۷- مطالعه کیفی مواد
۱۰۲	۲-۳-۷- بررسی رفتارهای حرارتی
۱۰۳	۴-۷- شرح و تحلیل نتایج آزمایشات ارزیابی عملکرد نمونه های کیتوزان تولیدی در مقایسه با کیتوزان تجاری
۱۲۶	فصل هشتم : نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۲۷	۱-۸- نتیجه گیری
۱۳۰	۲-۸- پیشنهادات
۱۳۱	فهرست منابع
۱۳۴	ضمیمه A
۱۳۹	ضمیمه B
۱۵۴	ضمیمه C

فهرست جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۲۴	جدول (۱-۳) - مشخصات چند پلی الکترولیت مصنوعی تجاری
۳۲	جدول (۱-۴) - مشخصات فیزیکی کیتین و کیتوزان
۳۳	جدول (۲-۴) - مقایسه میزان کیتین قابل حصول در امریکا با دیگر نقاط دنیا
۳۶	جدول (۳-۴) - مقایسه مصرف کیتوزان (فلوناک) در دنیا
	جدول (۴-۴) - آنالیز کیتین، دی اتیل آمینو سلولز، ان استیل گلوکز آمین و نمونه های
۳۸	مختلفی از کیتوزان
۳۹	جدول (۵-۴) - میزان فلزات در کیتوزان برحسب ppm
	جدول (۶-۴) - مقایسه مقدار توان a در معادله هووینک برای کیتوزان با چند پلی ساکارید
۴۰	دیگر
۴۱	جدول (۷-۴) - مقایسه ویسکوزیته کیتوزان با پلی ساکاریدهای دیگر
۷۲	جدول (۱-۵) - آمار شیلات (برحسب تن) میزان صید میگو و لابستر در مناطق جنوب کشور
۷۳	جدول (۲-۵) - درصد عناصر موجود در کیتین استخراج شده از میگو، لابستر و خرچنگ
۸۵	جدول (۱-۶) - مواد آزمایشگاهی مورد استفاده در انجام تحقیقات تجربی و جارتست
۸۶	جدول (۲-۶) - روش اندازه گیری پارامترها در انجام مطالعات تجربی
۸۷	جدول (۳-۶) - مشخصات آب کدر
	جدول (۱-۷) - اثر تغییر شرایط آزمایش بر روی فرآیند تهیه کیتوزان با روش تصحیح
۹۷	یافته Liu
۹۸	جدول (۲-۷) - اثر تغییر شرایط آزمایش بر روی فرآیند تهیه کیتوزان با روش CIFT
۱۰۴	جدول (۳-۷) - تاثیر میزان قلیائیت آب بر روی کاهش کدورت با افزایش آلوم
۱۰۴	جدول (۴-۷) - تاثیر pH آب کدر بر روی کاهش کدورت با افزودن کیتوزان
۱۰۵	جدول (۵-۷) - اثر pH بر روی کاهش کدورت با افزودن آلوم و کیتوزان
۱۰۶	جدول (۶-۷) - اثر زمان لخته سازی بر روی کاهش کدورت آب
۱۰۷	جدول (۷-۷) - اثر زمان ته نشینی بر روی کاهش کدورت آب
۱۰۷	جدول (۸-۷) - بررسی اثر مقدار آلوم و کیتوزان در کاهش کدورت از آبهای با کدورت پائین
۱۰۸	جدول (۹-۷) - بررسی اثر مقدار آلوم و کیتوزان در کاهش کدورت از آبهای با کدورت متوسط
۱۰۹	جدول (۱۰-۷) - بررسی اثر آلوم و کیتوزان در کاهش کدورت از آبهای با کدورت بالا

عنوان

صفحه

- جدول (۷-۱۱) - مقایسه کارآیی کیتوزانهای تولیدی با کیتوزان تجاری برای کاهش کدورت
از آبهای با کدورت کم
۱۰۹
- جدول (۷-۱۲) - مقایسه کارآیی کیتوزانهای تولیدی با کیتوزان تجاری برای کاهش کدورت از
آبهای با کدورت متوسط
۱۱۰
- جدول (۷-۱۳) - مقایسه کارآیی کیتوزانهای تولیدی با کیتوزان تجاری برای کاهش کدورت از
آبهای با کدورت بالا
۱۱۱
- جدول (۷-۱۴) - شرایط مناسب برای استفاده از آلوم به همراه کیتوزان در کدورت های مختلف ۱۱۲
جدول (۸-۱) - ارزیابی اقتصادی برای تصفیه آب در کدورت های مختلف با استفاده از آلوم
و پلی الکترولیت ها
۱۲۸

فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۷	شکل (۱-۲) - ذره کلئیدی با بار منفی و وضعیت لایه های استرن و نفوذی
۸	شکل (۲-۲) - نیروهای وارد بر ذرات کلئیدی
۸	شکل (۳-۲) - چگونگی جذب مولکول پلیمر بر سطح ذره کلئیدی
۹	شکل‌های (۲-۴ الف) و (۲-۴ ب) - پایداری استریک
۱۰	شکل (۵-۲) - نیروهای موثر بر ذرات کلئیدی
۱۲	شکل (۶-۲) - اثر افزودن آلوم بر کاهش کدورت
۱۴	شکل (۷-۲) - واکنشهای مختلف بین ذرات کلئیدی و پلی الکترولیتها
۱۵	شکل (۸-۲ الف) و (۸-۲ ب) - ایزوترم های جذب تمایل زیاد و کم
۱۶	شکل (۹-۲) - نحوه قرار گرفتن پلی الکترولیت جذب شده بر روی ذره
۱۷	شکل (۱۰-۲) - لخته سازی پلی استایرن در غیاب نمک با پلیمرهای کاتیونی
۲۲	شکل (۱-۳) - برخی از انواع پلی الکترولیت های سنتتیک (مصنوعی)
۳۱	شکل (۱-۴) - ساختمان مولکولی کیتین
۳۱	شکل (۲-۴) - ساختمان مولکولی کیتوزان
۳۵	شکل (۳-۴) - ساختمان شیمیایی سلولز، کیتین و کیتوزان
۴۲	شکل (۴-۴) - اثر زمان دی استیله شدن بر ویسکوزیته کیتوزان
۴۶	شکل (۵-۴) - وضعیت پیوندهای هیدروژنی در کیتین
۴۶	شکل (۶-۴) - شمای ساختار کریستالی آلفا کیتین
۴۷	شکل (۷-۴) - شمای ساختار کریستالی بتا کیتین
۴۷	شکل (۸-۴) - منحنی جذب پتاسیم و کلسیم بوسیله کیتوزان
۴۸	شکل (۹-۴) - منحنی جذب منیزیم و سدیم بوسیله کیتوزان
۴۹	شکل (۱۰-۴) - میزان جذب روی دو ظرفیتی بوسیله کیتوزان
۴۹	شکل (۱۱-۴) - میزان جذب سرب بوسیله کیتوزان
۵۰	شکل (۱۲-۴) - میزان جذب فلزات نیکل و کادمیوم بوسیله کیتوزان
۵۰	شکل (۱۳-۴) - میزان جذب فلزات نیکل و آهن دو ظرفیتی بوسیله کیتوزان
۵۱	شکل (۱۴-۴) - میزان جذب آهن دو و سه ظرفیتی بوسیله کیتوزان
۵۱	شکل (۱۵-۴) - میزان جذب فلزات واسطه بوسیله کیتوزان

عنوان

صفحه

- شکل (۵-۱) - فرآیند استخراج کیتین از اسکلت خارجی سخت پوستان دریایی ۶۰
- شکل (۵-۲) - فرآیند تولید کیتوزان ۶۲
- شکل (۵-۳) - روش تصحیح یافته لیو برای استخراج کیتین از میگو ۷۵
- شکل (۵-۴) - روش تصحیح یافته لیو برای تهیه کیتوزان از کیتین ۷۶
- شکل (۵-۵) - روش CIFT برای استخراج کیتین از میگو ۷۷
- شکل (۵-۶) - روش CIFT برای تهیه کیتوزان از کیتین ۷۸
- شکل (۶-۱) - تصویر سیستم آزمایشگاهی مورد استفاده جهت تهیه کیتوزان ۸۳
- شکل (۶-۲) - شمای سیستم آزمایشگاهی تهیه کیتوزان و اجزای آن ۸۳
- شکل (۶-۳) - دستگاه جارتست ۸۸
- شکل (۶-۴) - دستگاه جارتست در شروع آزمایش کاهش کدورت آب کدر ۸۹
- شکل (۶-۵) - دستگاه جارتست در مقطع زمانی لخته سازی ذرات ۹۰
- شکل (۶-۶) - دستگاه جارتست در پایان عملیات ته نشینی ۹۰
- شکل (۷-۱) - طیف IR کیتین (بعنوان مرجع) ۹۴
- شکل (۷-۲) - طیف FTIR کیتین مورد آزمایش (همراه با مقداری ناخالصی پروتئین) ۹۵
- شکل (۷-۳) - طیف DTG نمونه پوست میگو ۹۶
- شکل (۷-۴) - اثر زمان دی استیلاسیون بر تشکیل گروه های آمینو (درجه دی استیلاسیون) در محصول کیتوزان ۱۰۱
- شکل (۷-۵) - تاثیر میزان تزریق آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی در کاهش کدورت آب (کدورت اولیه = ۳۰ NTU) ۱۱۴
- شکل (۷-۶) - تاثیر میزان تزریق آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی در کاهش کدورت آب (کدورت اولیه = ۸۰ NTU) ۱۱۵
- شکل (۷-۷) - تاثیر میزان تزریق آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی در کاهش کدورت آب (کدورت اولیه = ۱۳۰ NTU) ۱۱۶
- شکل (۷-۸) - تاثیر زمان لخته سازی بر کاهش کدورت آب با افزودن آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی (کدورت اولیه = ۳۰ NTU) ۱۱۷
- شکل (۷-۹) - تاثیر زمان لخته سازی بر کاهش کدورت آب با افزودن آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی (کدورت اولیه = ۸۰ NTU) ۱۱۸
- شکل (۷-۱۰) - تاثیر زمان لخته سازی بر کاهش کدورت آب با افزودن آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی (کدورت اولیه = ۱۳۰ NTU) ۱۱۹

- شکل (۷-۱۱) - تاثیر زمان ته نشینی بر کاهش کدورت آب با افزودن آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی (کدورت اولیه = ۳۰ NTU) ۱۲۰
- شکل (۷-۱۲) - تاثیر زمان ته نشینی بر کاهش کدورت آب با افزودن آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی (کدورت اولیه = ۸۰ NTU) ۱۲۱
- شکل (۷-۱۳) - تاثیر زمان ته نشینی بر کاهش کدورت آب با افزودن آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی (کدورت اولیه = ۱۳۰ NTU) ۱۲۲
- شکل (۷-۱۴) - تاثیر pH بر کاهش کدورت آب با افزودن آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی (کدورت اولیه = ۳۰ NTU) ۱۲۳
- شکل (۷-۱۵) - تاثیر pH بر کاهش کدورت آب با افزودن آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی (کدورت اولیه = ۸۰ NTU) ۱۲۴
- شکل (۷-۱۶) - تاثیر pH بر کاهش کدورت آب با افزودن آلوم به همراه کیتوزان تجاری و کیتوزانهای تولیدی (کدورت اولیه = ۱۳۰ NTU) ۱۲۵