مطالعه حذف ماده رنگزاي زرد قلياييِ٢ موجود در آبهاي آلوده به روش انعقاد الكتريكي در يك راكتور غيرپيوسته

مرتضي كاشفي الاصل
دانشكده فني، بخش محيط زيست، دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران شمال
Email : ***M_kashefie@yahoo.com***
مرتضي خسروي
دانشكده شيمي، گروه شيمي كاربردي، دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران شمال
Email : ***Ka_seyyedi@yahoo.com***
رضا مرندي
دانشكده فني، بخش محيط زيست، دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران شمال
كامبيز سيدي
دانشكده شيمي، گروه شيمي كاربردي، دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران شمال
عليرضا ختايي
دانشكده شيمي، گروه شيمي كاربردي، دانشگاه تبريز

واژه هاي كليدي: تصفيه آب، انعقاد الكتريكي، حذف رنگ، زرد قلياييِ٢

چكيده

روزانه ميليونها ليتر از پسابهاي رنگي توسط صنايع رنگرزي و كارخانه‌هاي توليد رنگدانه‌ها توليد مي‌شود. هر ليتر از اين پسابها مي‌تواند حاوي بيش از ٢٠ گرم از رنگدانه‌ها و حد واسطهائي باشد كه باعث بروز مسائل زيست محيطي مي‌شوند. از جمله فرآيندهائي كه در سالهاي اخير به طور گسترده در تصفيه پسابهاي صنايع نساجي مورد استفاده قرار گرفته است، فرايند انعقاد الكتريكي است. ماده رنگزاي زرد قلياييِ٢ يكي از مهمترين مواد رنگزاي مورد استفاده در صنايع رنگرزي براي تهية الياف زرد رنگ مي‌باشد، بدين جهت در اين كار پژوهشي، حذف اين مادة رنگزا از آبهاي آلوده به روش انعقاد الكتريكي مورد بررسي قرار گرفت و نقش چند عامل موثر در فرآيند حذف نظير دانسيته جريان الكتريكي، فاصله الكترودها از هم، مدت زمان الكترولیز، سطح الكترودها ، نقش افزايش الكتروليت و اثر غلظت ماده رنگی مطالعه شد.

شواهد اسپکتروسکوپي و نتايج حاصل از آزمايشها نشان دادند که براي ۲۰۰*ml* محلول رنگي حاوي زرد قلیایي۲ طي فرايند انعقاد الکتريکي بوسيلة يك راکتور الکتروشيميايي ساده غيرپيوسته در شرايط دانسيته جريان ۲۱۱,۶ A/m^2 ، سطح الکترودها ۳۷,۵ cm^2 ، فاصلة الکترودها ۳ *cm* ، غلظت الکتروليت ۱۰ *g/l* ، مدت زمان الکتروليز ۱۱ دقيقه، در محدوده غلظتی ۲۰ تا ۱۰۰ *ppm* از ماده رنگی بیش از ۹۰% از مادة آلاينده رنگي محلول حذف مي‌شود.

مقدمه

مفهوم تصفيه الکتروشيميايي براي خالص سازي آب با بکارگيري الکترودهاي فلزي براي اولين بار در سال ۱۸۸۹ در انگلستان پيشنهاد شد و متعاقب آن در سال ۱۹۰۹ در آمريکا مقاله ای در مورد خالص سازي آب بوسيلة الکتروليز با الکترودهاي آهن و آلومينيم ارائه شد در اين گزارش شروع شد که، لخته‌هاي توليد شده بوسيلة الکتروليز بسرعت ته‌نشين مي‌شوند و آب آشاميدني را بي‌رنگ مي‌سازند(۹). مواد معلق مانند چربي, روغن و مواد رنگي مي توانند با ايجاد لايه نازکي بر سطح آب علاوه بر بد منظر کردن جريان‌ها و مصرف اکسيژن محلول در آب براي اکسيداسيون مواد آلي، مانع عمليات فتوسنتز يا اکسيژن‌گيري آبها شوند(۱). روشهاي مختلفي در تصفيه آبهاي آلوده وجود دارد که از آن جمله مي توان به جذب سطحي توسط زغال فعال، ازوناسيون، تصفيه بيولوژيکي، تصفيه فتوکاتاليتيکي اشاره کرد(۵) که، از ميـان اين روش ها براي تصفيه آبهاي آلوده صنايع نساجي و رنگرزي روش انعقاد الکتريکي روش بسيار کار آمدي گزارش شده است (۴و۱۳). امروزه از اين روش براي تصفيه پسابهاي صنايع غذائي (۱۰) پساب هاي روغني(۱۴)، پساب هاي رنگي حاوي اجزاء سوسپانسيوني (۱۱و۲) پساب هاي پوليش کاري شيميايي و مکانيکي، حذف اجزاء آلي موجود در پســاب ها (۱۰)، فلوئورزدائي آب (۱۲و۶)، پساب هاي حاوي شوينده هاي مصنوعي و محلولهاي حاوي فلـزات سنگين (۷و۸) استفاده مي‌شود. محققاني که در زمينة انعقاد الکتريکي تحقيق نموده اند، همگي بر اين عقيده اند که اين فرايند شامل سه مرحله مي‌باشـــد (۱۰) :

۱) تشکيل عامل انعقاد بوسيلة اکسيداسيون الکتروليتي الکترودهاي قرباني

۲) بي‌ثبات کردن آلودگي ها، اجزاء سوسپانسيوني و شکستن امولسيونها و يا جذب مواد به سطح لخته‌هاي توليد شده

۳) تجمع فازهاي ناپايدار شده به صورت لخته‌هاي متراکم

مکانيسم حذف آلودگي‌ها به وسيلة فرايند انعقاد الکتريکي با الکترودهاي آهني بدين صورت است که, آهن در اثر اکسيداسيون در يك سيستم الکتروليتي توليد هيدروکسيد آهن $Fe(OH)_n$ ($n = 2$ يا 3) مي‌کند (۴ و۳) :

واکنش آندي:

$$Fe(s) \rightarrow Fe^{+2}(aq) + 2e$$

$$Fe^{+2}(aq) + 2OH^{-}(aq) \rightarrow Fe(OH)_2(s)$$

واکنش کاتدي:

$$2H_2O(I) + 2e \rightarrow H_2(g) + 2OH^{-}(aq)$$

واکنش کلي :

$$Fe(s) + 2H_2O(I) \rightarrow Fe(OH)_2(s) + H_2(g)$$

$Fe(OH)_n$ توليد شده با جذب مواد آلاينده به خود باعث حذف آنها از پساب مي‌شود. فرايندهاي الکتروشيميائي

يكي از روشهائي هستند كه با موفقيت براي تصفيه پسابهاي نساجي به كار رفته‌اند (۴و۱۳) .

بخش تجربي

مواد و روشها

وسايل و دستگاههائي كه در اين كار تحقيقي به كار گرفته شده عبارتند از :

بشر$۲۵۰ml$ ، الكترودهاي آهني به عنوان آند و كاتد، منبع تغذيه با ولتاژ خروجي $۰-۴۰V$ و جريان خروجي $۰-۵A$ مدل PS ۸۰۸ ساخت شركت $ADAK$ ، اسكپتروفتومتر مدل ۶۵۰۵ ساخت شركت $Jenway$(دقت : $۰-۲۰۰۰ ppm$) كليه مواد شيميائي به كار رفته در آزمايش از شركت$Fluka$ بوده و ماده رنگزاي زرد قليايي۲ از محصولات شركت الوان ثابت است كه فرمول شيميائي آن در شكل (۱) نشان داده شده است.

همان طور كه در شكل (۲) ديده مي‌شود، راكتور الكترو شيميائي مورد استفاده شامل يك بشر $۲۵۰ ml$, يك منبع تغذيه DC و صفحات فلزي هادي به عنوان كاتد و آند مي‌باشد. در سل الكترو شيميائي موردنظر صفحات فلزي در فاصلة معين و به طور موازي هم در داخل سل قرار داده شده‌اند. $۲۰۰ ml$ از محلول رنگي تهيه شده به همراه مقدار مناسب الكتروليت به داخل سل ريخته شده و شدت جريان موردنظر از طريق صفحات فلزي هادي از داخل محلول عبور داده شد. بعد از قطع جريان، محلول رنگي به منظور ترسيب لخته‌ها به داخل استوانه مدرج منتقل و سانتريفوژ شد. سپس، نمونه‌برداري از محلولها صورت گرفت و در سل اسكپتروفتومتر ريخته شد و آناليز غلظتي صورت گرفت و براي بررسي پارامترهاي موثر در حذف رنگ، يكي از پارامترها متغير و بقيه پارامترها در يك مقدار ثابت و مشخصي انتخاب شد و اثر پارامتر متغير روي راندمان حذف، بررسي گرديد. ميزان حذف رنگ با استفاده از معادله مذكور محاسبه گرديد كه در آن C_0غلظت اوليه رنگ و C غلظت رنگ بعد از انجام حذف است.

$$R\% = \{(C_0 - C) / C_0 \}x100$$

آناليز شيميائي

با توجه به اينكه اكثر مواد آلاينده رنگي موجود در پساب كارخانه‌هاي نساجي در ناحيه مرئي طيف اشعه الكترومغناطيسي جذب شديد از خود نشان مي‌دهند از اين رو، براي بررسي راندمان حذف اين مواد از پساب حاوي رنگهاي مذكور، مي‌توان از روش اسكپتروفتومتري استفاده كرد. با توجه به طيف جذبي محلولي به غلظت $۵۰ppm$ از ماده رنگي λ_{max} اين ماده $۴۵۰nm$ در نظر گرفته شد و كليه بررسي‌هاي غلظتي اين ماده در اين طول موج بررسي شده است. طيف جذبي ماده زرد قليايي۲ در شكل (۳)آورده شده است بعد از تعيين طول موج ماكزيمم جذبي، منحني كاليبراسيون در λ_{max} مربوطه رسم گرديد. براي اين منظور محلول هايي با غلظت هاي (ppm ۱۰۰-۸۰-۶۰-۴۰) از ماده رنگزا تهيه شد (۵ نمونه) و جذب اين محلولها در λ_{max} اندازه‌گيري شده و سپس منحني كاليبراسيون رسم گرديد(شكل۴).

نتايج و بحث

بررسي اثر دانسيته جريان روي راندمان حذف رنگ

بطور كلي براي بررسي اثر پارامترهاي مختلف روي يك پديده، يكي از پارامترها را متغير و پارامترهاي ديگر موثر در پديده را ثابت در نظر مي‌گيرند و از تغيير پارامتر متغير اثر آن را روي پديده موردنظر بررسي مي‌كنند. در اينجا، نيز براي بررسي اثر دانسيته جريان روي راندمان حذف ساير پارامترهاي موثر را به صورت زير ثابت در نظر گرفتيم:

حجم محلول cm^3 ۲۰۰ ، غلظت اوليه رنگ در محلول ۵۰ ppm

غلظت الكتروليت $NaCl$ ۱۰ g/l ، مدت الكتروليز min ۱۰سطح الكترودها $37,5cm^2$ ، فاصله الكترودها $4cm$

دانسيته جريان عبارتست از شدت جريان اعمالي بر واحد سطح كاتد كه واحد آن در SI آمپر بر مترمربع (A/m^2) مي‌باشد. در فرايند انعقاد الكتريكي همانطور كه از شكل (۵) مشخص است با افزايش دانسيته جريان الكتريكي درصد حذف رنگ نيز افزايش مي‌يابد. اين امر به اين دليل است كه با افزايش دانسيته جريان ميزان انجام واكنشهاي الكتروشيميائي در سطح الكترودها زياد مي‌شود و در نتيجه مقدار لخته‌هاي هيدروكسيد آهن تشكيل شده بيشتر مي‌شود و چون عامل اصلي حذف رنگ لخته‌هاي توليد شده مي‌باشد پس با افزايش ميزان توليد اين لخته‌ها ميزان راندمان حذف نيز بيشتر مي‌گردد. با توجه به شكل (۵) مشاهده مي‌شود كه از دانسيته جريان A/m^2 ۲۱۱.۶ به بعد با افزايش دانسيته جريان ميزان راندمان حذف تقريبا ثابت مي‌ماند و اين شايد به دليل آنست كه در ميزان جذب مواد رنگي به لخته‌ها نيز محدوديت وجود دارد و با افزايش ميزان لخته‌ها از يك حد به بالا ميزان جذب رنگ به آنها ثابت مي‌ماند و تغيير نمي‌كند يعني ظرفيت جذب رنگ به لخته‌ها نيز محدود مي‌باشد. بنابراين با توجه به شرايط آزمايش دانسيته جريان بهينه در حذف رنگ A/m^2 ۲۱۱.۶ انتخاب شد كه ميزان حذف رنگ در اين دانسيته جريان حدود ۹۶% است كه ميزان قابل قبولي در راندمان حذف رنگ مي‌باشد.

بررسي اثر زمان الكتروليز بر راندمان حذف رنگ

زمان الكتروليز عبارتست از مدت زماني كه پتانسيل ثابتي براي داشتن يك جريان ثابت و مشخص بين الكترودها اعمال مي‌شود. براي بررسي اثر زمان همانطور كه قبلا توضيح داده شد بايد ساير پارامترها ثابت درنظر گرفته شود:

حجم محلول cm^3 ۲۰۰ ، غلظت اوليه رنگ در محلول ۵۰ ppm

غلظت الكتروليت $NaCl$ ۱۰ g/l ،دانسيته جريان الكتريكي A/m^2 ۲۱۱.۶

سطح الكترودها cm^2 ۳۷.۵ ، فاصله الكترودها $4cm$ با توجه به اينكه با افزايش زمان الكتروليز نيز ميزان توليد لخته‌هاي هيدروكسيدآهن درمحلول زياد مي‌شود همانطور كه قبلا توضيح داده شد با افزايش ميزان لخته‌ها ميزان حذف رنگ و در نتيجه راندمان حذف نيز بيشتر مي‌گردد. همانطور كه از شكل(۶) مشاهده مي‌شود، افزايش زمان الكتروليز تا min ۱۱ باعث حذف ۹۶% از رنگ از محلول مي‌شود و بعد از آن با افزايش زمان الكتروليز تغيير قابل توجهي در راندمان حذف مشاهده نمي‌گردد پس زمان الكتروليز بهينه در اين حالت و با توجه به شرايط ذكر شده آزمايش min ۱۱ انتخاب شد.

بررسي اثر سطح الكترودها بر راندمان حذف رنگ

براي بررسي اثر سطح الكترودها نيز با ثابت گرفتن ساير پارامترها، با تغيير مساحت كاتد و آند به بررسي راندمان حذف رنگ پرداختيم. اگر در بررسي اثر سطح الكترودها اختلاف پتانسيل ثابت بين كاتد و آند اعمال شود با افزايش سطح الكترودها راندمان حذف كاهش مي‌يابد چون دانسيته جريان كمتر شده و غلظت عامل انعقاد كه باعث حذف رنگ مي‌شود، كاهش مي‌يابد. ولي در بررسي انجام شده، دانسيته جريان بين الكترودها ثابت درنظر گرفته شد (دانسيته جريان بهينه) در نتيجه در اين حالت با افزايش سطح الكترودها راندمان حذف نيز افزايش مي‌يابد. اين مي‌تواند بدليل افزايش غلظت يونهاي توليد شده در طي واكنشهاي الكتروشيميائي در زمان افزايش سطح الكترودها باشد كه آن هم باعث افزايش غلظت مادة منعقد كننده در محلول مي‌شود. همانطور كه از شكل(۷) مشخص مي‌باشد براي ml ۲۰۰ محلول رنگي با غلظت ppm ۵۰، دانسيته جريان A/m^2 ۲۱۱.٦ ، فاصلة الكترودها $4cm$ و غلظت الكتروليت $NaCl$ g/l ۱۰ و

زمان الكتروليز min ۱۱، افزايش سطح الكترودها به cm^2 ۳۷.۵ باعث حذف حدود %۹۵ از رنگ محلول مي‌شود كـه اين مقدار به عنوان مقدار بهينه انتخاب گرديد.

بررسي اثر فاصلة بين الكترودها بر راندمان حذف رنگ

در سل الكتروشيميائي مورد استفاده، دو الكترود آهني به موازات هم در داخل محلول قرار داده شد و تاثير فاصلة بين آند و كاتد در راندمان حذف بررسي شد. نتايج داده شده در شكل (۸) نشان مي‌دهد كه تغيير فاصلة بين الكترودها تاثير زياد و قابل توجهي روي راندمان حذف رنگ ندارد به طوري كه، با تغيير فاصلة الكترودها از cm۱ به cm۲/۵ فقط%۱۰ راندمان حذف افزايش مي يابد كه زياد قابل توجه نيست، ولي، همان طور كه از نمودار مربوطه مشخص مي‌باشد با افزايش فاصلة الكترودها راندمان حذف، روند افزايشي دارد بدليل اينكه، مكان اصلي تشكيل لخته‌ها و جذب مواد رنگي به آنها دقيقا فضاي بين الكترودهاي آند و كاتد مي‌باشد و با افزايش فاصلة الكترودها احتمال حضور تعداد بيشتري از مولكولهاي رنگدانه در اين فضا مي‌باشد و در نتيجه با افزايش فاصله الكترودها ميزان حذف رنگ و در نتيجه راندمان حذف افزايش مي‌يابد. براي ml۲۰۰ محلول رنگي با غلظت ppm ۵۰، دانسيته جريان A/m^2 ۲۱۱.۶، زمان الكتروليز min ۱۱، غلظت الكتروليت $NaCl$ g/l ۱۰ و سطح الكترودها cm^2 ۳۷.۵، فاصلة بين الكترودها به اندازه cm۳ به عنوان مقدار بهينه با راندمان حذف %۹۶ انتخاب گرديد.

بررسي اثر غلظت الكتروليت بر راندمان حذف رنگ

براي انجام كارهاي الكتروشيميائي وجود الكتروليت در محلول براي افزايش هدايت الكتريكي محلول مورد نياز مي‌باشد. بدون وجود هدايت الكتريكي انجام يك الكتروليز غيرممكن مي‌باشد چون، وظيفه انتقال جريان در درون محلول بين الكترودها توسط يونهاي موجود در محلول صورت مي‌گيرد. در اين پروژه از نمك طعام $NaCl$ به عنوان الكتروليت استفاده شده است. همانطور كه از شكل (۹) مشاهده مي‌شود با افزايش غلظت الكتروليت راندمان حذف روند افزايشي دارد زيرا، با افزايش غلظت الكتروليت غلظت يونهاي موجود در محلول كه مسئول عبور جريان از داخل محلول مي‌باشند، افزايش مي‌يابد و مقاومت الكتريكي محلول كاهش يافته و باعث هدايت محلول زياد شده و در نتيجه سبب پائين آمدن ولتاژ لازم جهت حصول شدت جريان معين مي‌گردد.

بنابراين براي ml۲۰۰ محلول رنگي با غلظت ppm۵۰ ، دانسيته جريان A/m^2 ۲۱۱.۶ ، زمان الكتروليز min۱۱، سطح الكترودها $cm^2$۳۷.۵ و فاصلة الكترودها cm۳، مقدار g/l ۱۰ الكتروليت $NaCl$ به عنوان مقدار بهينه با راندمان حذف% ۹۶/۴ انتخاب گرديد.

بررسي اثر غلظت اوليه رنگ روي راندمان حذف

در اين مرحله با ثابت درنظر گرفتن ساير پارامترها به بررسي اثر غلظت اوليه رنگ روي راندمان حذف پرداخته شد. همانطور كه قبلا توضيح داده شد در يك شرايط ثابت از آزمايش، مقدار لخته‌هاي توليد شده مقداري ثابت و معين مي‌باشد و همچنين با توجه به نتايج مراحل قبل مشخص شد كه مقدار جذب مواد رنگي به سطح لخته‌ها نيز محدود است يعني، به ازاي مقدار معيني لخته توليد شده، مقدار ثابت و مشخص جذب سطحي مواد رنگي صورت مي‌گيرد. همان طور كه از شكل (۱۰) مشاهده مي‌شود تغيير غلظت اوليه رنگ تاثير چندان زياد و قابل ملاحظه‌اي روي راندمان حذف ندارد ولي به طور كلي، از

بررسي تغييرات مشاهده مي‌شود كه روند تغييرات راندمان حذف با غلظت اوليه رنگ نسبتا كاهشي است، يعني از غلظت ۵۰*ppm* به بالا چون ظرفيت جذب سطحي رنگ به لخته‌ها كامل شده است پس از اين غلظت به بالا ميزان راندمان حذف كاهش يافته است ولي اين كاهش چندان محسوس نيست (از ۹۶% به ۸۹%) و راندمان حذف حدود ۹۰% براي غلظت ۱۰۰*ppm* از مادة رنگي رقم بسيار خوب و قابل قبول در مقياس صنعتي حذف رنگ از پساب مي‌باشد.

نتيجه‌گيري

فرآيند انعقاد الكتريكي يك روش موثر و كارآمد براي حذف مادة آلايندة رنگزاي زرد قليايي۲ از آبهاي آلوده است. پارامترهاي مهم موثر در راندمان حذف عبارتند از دانسيته جريان الكتريكي، مدت زمان الكتروليز، فاصلة بين الكترودها، سطح الكترودها، غلظت الكتروليت و غلظت اوليه رنگ .

شواهد اسپكتروسكوپي و نتايج بدست آمده نشان دادند كه براي ۲۰۰*ml* محلول رنگي طي فرآيند انعقاد الكتريكي به وسيلة يك راكتور الكتروشيميائي ساده غيرپيوسته در شرايط دانسيته جريان الكتريكي ۲۱۱/٦A/m^2 ، فاصلة بين الكترودها ۳*cm*، غلظت الكتروليت ۱۰ *g/l* ، سطح الكترودها ۳۷/۵ cm^2، مدت زمان الكتروليز ۱۱*min* و در محدوده غلظتی ۲۰-۱۰۰ *ppm* از ماده رنگی، بيش از۹۰% مادة آلايندة رنگي از محلول هاي آلوده حذف مي‌گردد.

منابع

۱. دكتر مجيد عباسپور, مهندسي محيط زيست, جلد اول, انتشارات دانشگاه آزاد اسلامي, چاپ سوم, صفحه ۲۷۲

2. *Asce , A.; 1990, Water treatment plan design , Mc Grow Hill , p 77 – 105.*
3. *Chen, G.; 2004, Electrochemical technologies in wastewater treatment, Separation and purification technology, vol 38, p 11-41.*
4. *Daneshvar , N. ; Ashassi , H. ; Kasiri , M.B.; 2004, Decolorization of dye solution containing acid red 14 by electrocoagulation with a coparative investigation of different electrode connections, Journal of Hazardous Materials, vol 112, p 55-62.*
5. *Daneshvar , N. ; Salari , D. ; khataee , A.R. ; 2003, The effect of operational parameters on the photocatalytic degradation of azo dye acid red 14 by UV/ZnO process, J. photochem. Photobiol . , vol 157 , p 111 – 116.*
6. *Gurses , A. ; Yalcin , M.; 2002, Electrocoagulation of some reactive dyes: A statistical investigation of some electrochemical variables, Waste Management , vol 22, p 491- 499.*
7. *Mameri , N. ; Lounici , H.; 2001, Defluoridation of sahara water by small plant electrocoagulation using bipolar aluminium electrodes, Separation and purification Technology, vol 24, p 113 – 119.*
8. *Mameri , N. ; Yeddou , A.R.; 1998, Defluoridation of septentrional*

sahara water of north Africa by electrocoagulation process using bipolar aluminium electrodes, Water Research , vol 32 (5) , p 1604 – 1612.

9. *Matteson, M.J.; Dobson, R.L.; Glenn, R.W.; 1995, Electrocoagulation and separation of aqueous suspension of ultrafine particles, Colloids and surfaces, vol 404, P 101 – 109.*

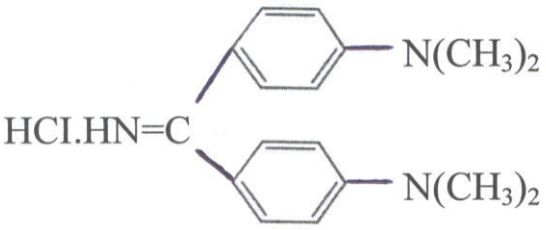
10. *Mollah , M.Y.A. ; Schennach , R.; 2001, Electrocoagulation (EC)- Science and applications, Journal of Hazardous Materials , vol 84, p 29 – 41.*

11. *Rain T.; 1995, Water and wastewater treatment Technology, p 210.*

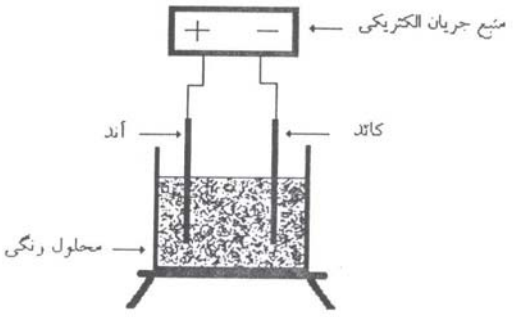
12. *Robinson, V.; 2000, A new technique for the treatment of wastewater, Enviro. Conference, Darling Harbour , Sydney , 10 – 12 April.*

13. *Sanroman , M.A. ; Pazos , M. ; 2004, Electrochemical decolorization of structurally different dyes , Chemospher , vol 57 , p 233-239.*

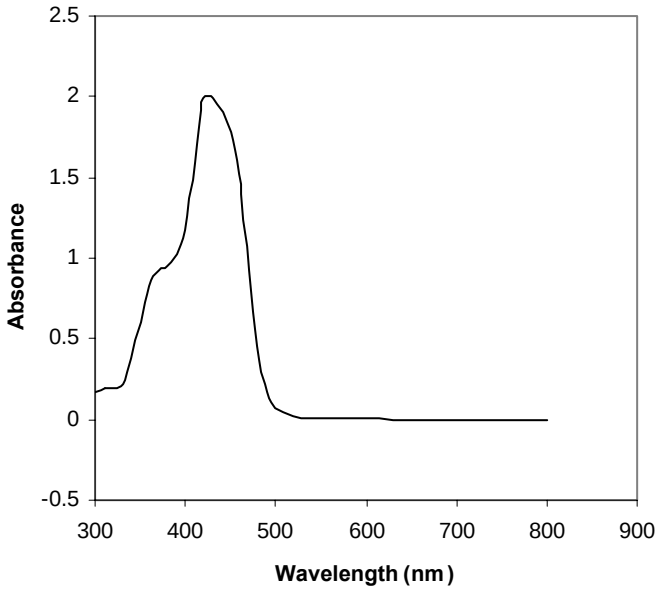
14. *Tebbutt , T.H.Y.; 1999, Principles of water quality control , Fifth edition , p 151– 161.*



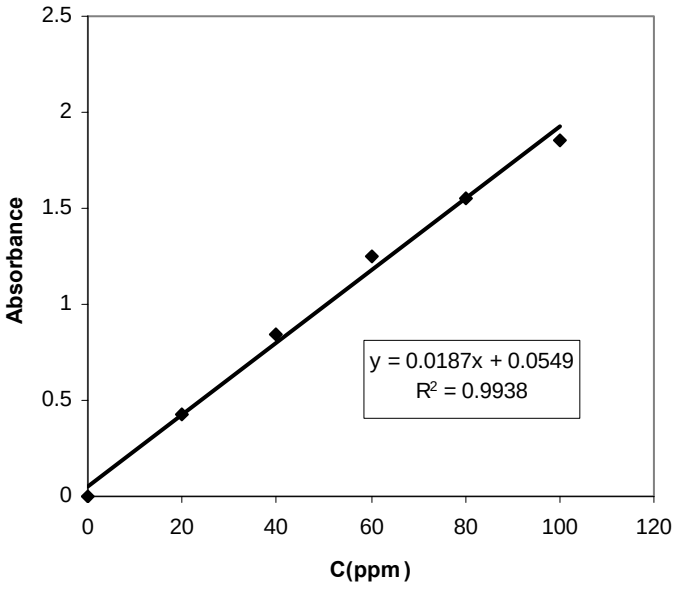
شكل ۱- ساختار مولكولي ماده رنگزاي زرد قليايي۲



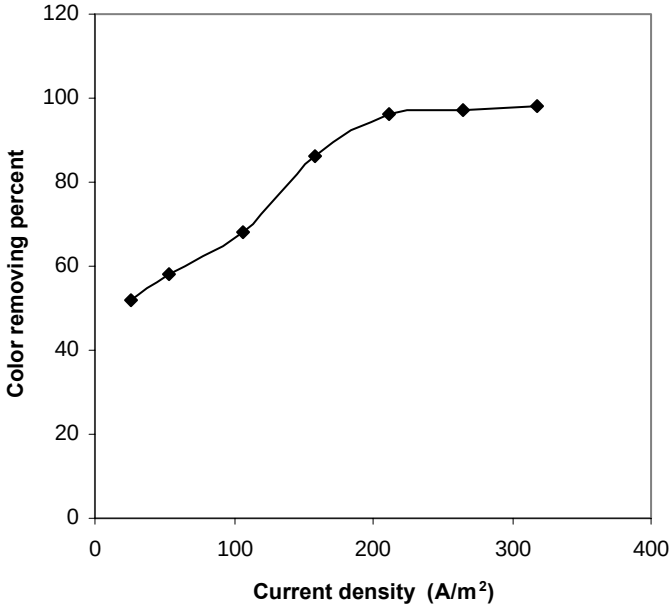
شكل ۲- ساختار يك سل الكتروشيميايي به كار رفته در فرآيند انعقاد الكتريكي



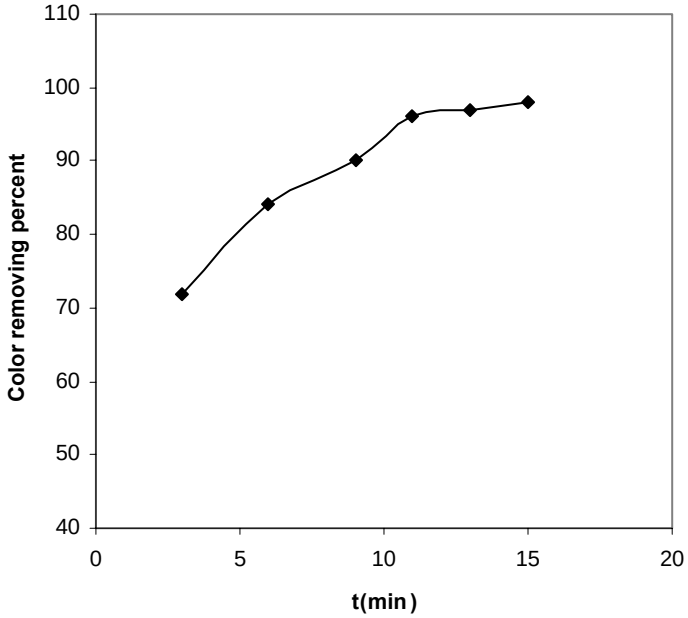
شكل۳- طيف جذبي زرد قليايي۲ با غلظت ۵۰ ***ppm***



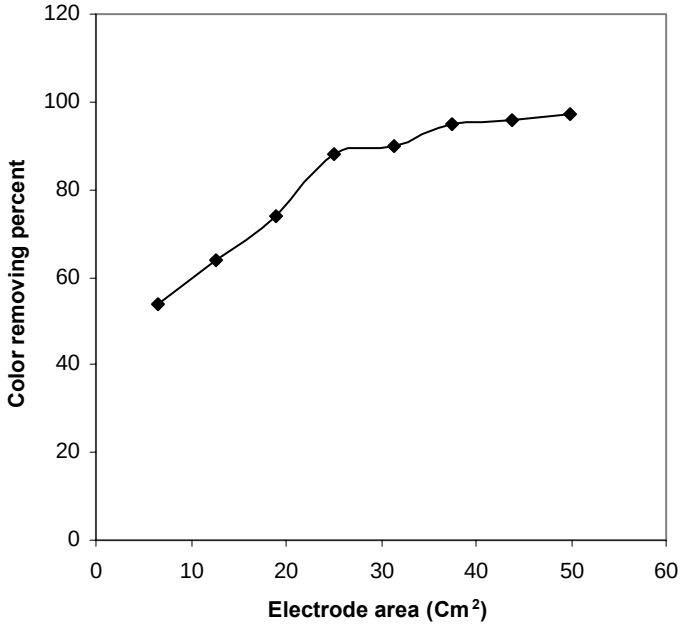
شكل۴- منحني كاليبراسيون ماده رنگزا درطول موج ماكسيمم مربوطه براي اندازه گيري غلظت نمونه هاي مجهول



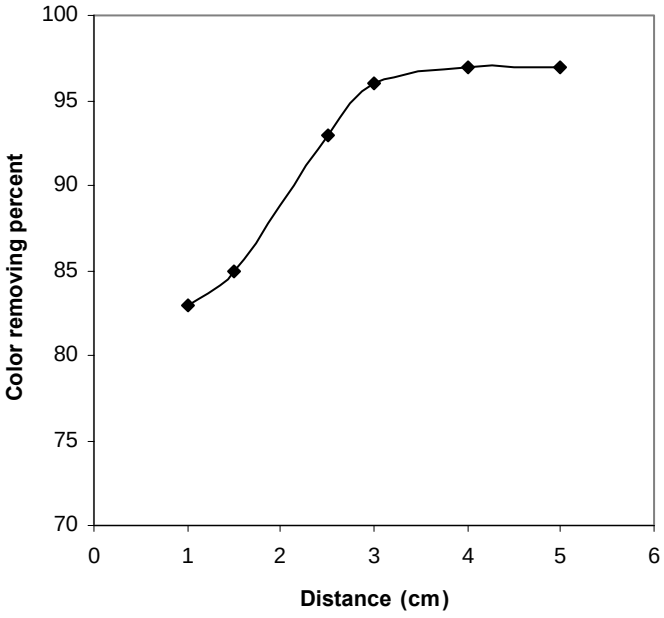
شكل ۵- اثر دانسيته جريان الكتريكي روي راندمان حذف رنگ



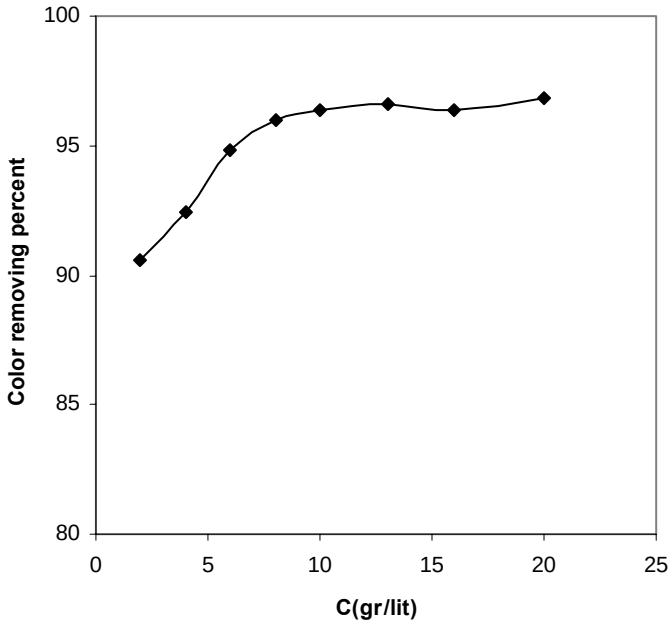
شكل٦- اثر زمان الكتروليز روي راندمان حذف رنگ



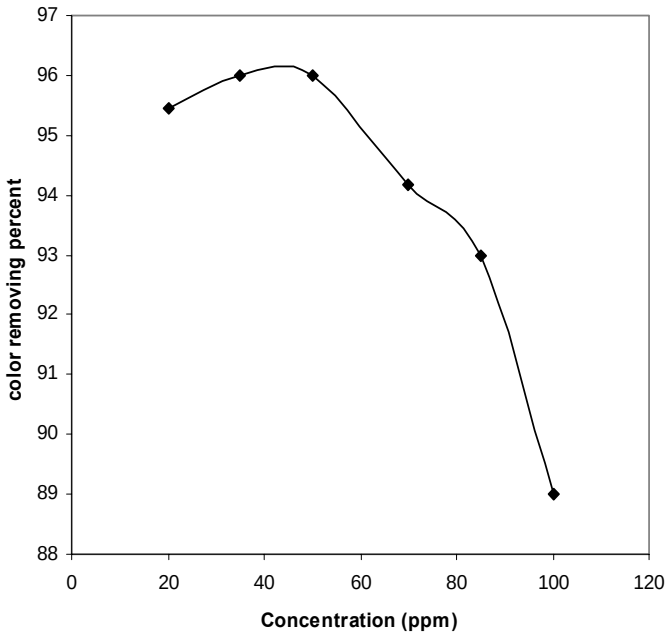
شكل۷- اثر سطح الكترودها روي راندمان حذف رنگ



شكل ۸- اثر فاصله بين الكترود ها روي راندمان حذف رنگ



شكل ۹- اثر غلظت الكتروليت روي راندمان حذف رنگ



شكل ۱۰- اثر غلظت اوليه ماده رنگی روي راندمان حذف رنگ