

## سنتز تک ظرف ۲، ۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵، ۵-دی متیل-۲-

### سیکلوهگزن-۱-اون) به روش الکتروشیمیایی

ریحانه کاظمی راد<sup>۱</sup>، جواد عزیزیان<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران  
<sup>۲</sup>دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۲۸

تاریخ تصحیح: ۹۴/۰۷/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۰۴

#### چکیده

مشتقات ۲، ۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵، ۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) ترکیبات فعال بیولوژیکی هستند که به عنوان بازدارنده های آنزیم تیروزیناز بکار می روند. همچنین این ترکیبات حدواسط سنتزی مهمی برای سنتز مشتقات زانتن هستند که دسته مهمی از ترکیبات هتروسیکل بوده و دارای خواص بیولوژیکی و دارویی متنوعی می باشند. روش های سنتزی متعددی برای تهیه مشتقات ۲، ۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵، ۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) بکار رفته است که از آن جمله می توان به روش های استفاده از تابش دهی ریز موج و فراصوت و همچنین استفاده از کاتالیزورهای مختلف نظیر ید مولکولی اشاره کرد. اما بسیاری از این روشها دارای محدودیت هایی از قبیل شرایط سخت واکنش، استفاده از کاتالیزورهای گرانقیمت، زمان طولانی، بازده کم، دمای بالای واکنش و ... می باشند. بنابراین ارائه روشهای کارآمدتر و دستیابی به شرایط ملایم تر کماکان مورد نیاز است. در سالهای اخیر، توسعه روش الکترو سنتز به عنوان روشی که دارای مزایایی از قبیل زمان کوتاه واکنش، بازده بالا و عدم نیاز به شرایط سخت واکنش نظیر استفاده از دمای بالای واکنش و کاتالیزورهای گرانقیمت بوده، توجه شیمیدانان آلی را به خود جلب کرده است. در این تحقیق، مشتقات ۲، ۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵، ۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) با روش الکتروشیمیایی از طریق افزایش آلدیدهای آروماتیک و دیمدون در سلول الکتروشیمیایی مجهز به الکتروود آهن به عنوان کاتد و الکتروود پلاتین به عنوان آند در جریان ثابت در حضور الکتروولیت پتاسیم برمید و در دمای اتاق سنتز می شوند.

واژگان کلیدی: الکتروسنتز، تراکم نووناگل، دیمدون، ۲، ۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵، ۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون)

#### ۱- مقدمه

مشتقات ۲، ۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵، ۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) ترکیبات فعال بیولوژیکی هستند که به عنوان مهارکننده های آنزیم تیروزیناز به کار می روند [۱]. آنها همچنین حدواسط های مهمی در سنتز زانتن ها [۲] به شمار می روند که دسته مهمی از هتروسیکل های آلی بوده و به دلیل فعالیت بیولوژیکی و دارویی فراوان مانند ضد التهاب [۳]، ضد ویروس [۴]، ضد باکتری [۵] و ضد تومور [۶] توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده اند.

drjazizian@gmail.com

\*نویسنده مسئول: استاد تمام شیمی آلی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

این حدواسط های مهم سنتزی در حضور کاتالیزورهای مختلف نظیر سدیم دودسیل سولفات (SDS) [۷]، ZnO [۸]،  $\text{HClO}_4\text{-SiO}_2$  [۹]،  $\text{KF/Al}_2\text{O}_3$  [۱۰]، تترا اتیل بنزیل آمونیوم کلرید [۱۱]،  $\text{CaCl}_2$  [۱۲]، اوره [۱۳]، بدون کاتالیزور [۱۴]، در حلال های مختلفی نظیر آب [۱۳و۱۷]، استونیتریل [۸]، کلروفرم [۱۲]، همچنین در شرایط بدون حلال [۱۵] و با استفاده از روشهای مختلفی نظیر تابش دهی میکروویو [۱۶] و امواج فراصوت [۱۳و۱۷] تهیه شده اند.

مقالات و مطالعات زیاد ارائه شده برای سنتز ۲، ۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵، ۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) نشان دهنده اهمیت این ترکیبات آلی است. با این حال علی رغم مفید بودن روشهای گزارش شده، بیشتر آنها دارای معایبی نظیر استفاده از اسیدهای لوئیس، شرایط اسیدی قوی، استفاده از مقادیر استوکیومتری کاتالیزور، عدم امکان بازیافت کاتالیزور و حلال، شرایط سخت واکنش، زمان طولانی و بهره پایین واکنش هستند. بنابراین برای رفع این محدودیت ها ارائه روشی آسان، ملایم و کارآمد برای سنتز این ترکیبات همواره مورد نیاز است.

در سالهای اخیر، توسعه روش الکترو سنتز به عنوان روشی مؤثر و کارآمد دارای مزایایی از قبیل زمان کوتاه واکنش، بازده بالا و عدم نیاز به شرایط سخت واکنش نظیر استفاده از دمای بالای واکنش و کاتالیزورهای گرانیقیمت، توجه شیمیدانان آلی را به خود جلب کرده است [۱۸و۱۹]. در الکترو سنتز، بازهای الکتروشیمیایی جایگزین بازهای شیمیایی می شوند تا محصولات واکنش ها با بهره بالاتری بدست آیند. واکنش های الکترو سنتزی معمولاً به آرامی همراه با یک روش کار ساده و عدم نیاز به شرایط سخت مثل دمای بالا یا واکنشگرهای گران انجام می شوند. برای افزایش سرعت یک واکنش الکتروشیمی به جای افزایش درجه حرارت کافی است که پتانسیل اعمال شده را در اکسیداسیون ها افزایش و در واکنشهای کاتدی کاهش داد. جداسازی و خالص سازی آسان از دیگر مزایای سنتز ترکیبات آلی با روش الکتروشیمیایی است. در تحقیق حاضر، مشتقات ۲، ۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵، ۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) با روش الکترو شیمیایی از طریق افزایش آلدئیدهای آروماتیک و دیمدون در سلول الکتروشیمیایی مجهز به الکتروود آهن به عنوان کاتد و الکتروود پلاتین به عنوان آند در جریان ثابت در حضور الکترولیت پتاسیم برمید و در دمای اتاق سنتز می شوند.

## ۲- روش تجربی

### ۲-۱- مواد شیمیایی و دستگاهها

مواد شیمیایی و حلال های به کار رفته، عمدتاً از شرکت مرک، فلوکا و آلدریج تهیه شدند.

برای انجام واکنش از دستگاه کولومتر ZCM761 ساخت شرکت زاگ و از الکتروود آهن به عنوان آند و الکتروود پلاتین به عنوان کاتد استفاده شد. پیشرفت واکنش ها با کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) با صفحات آلومینیومی پوشیده شده از سیلیکاژل ۶۰، F<sub>254</sub> مرک، دنبال شد.

اندازه گیری دمای ذوب با دستگاه Electro Thermal IA 9200 انجام شد.

طیف مادون قرمز (IR) با دستگاه اسپکترومتر مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) مدل Shimadzo 8900 و طیف های رزونانس مغناطیسی حلقه <sup>1</sup>H NMR و <sup>13</sup>C NMR با اسپکترومتر ۳۰۰، ۴۰۰ و ۱۰۰ مدل Bruker DRX-400 Avance در حلال CDCl<sub>3</sub> ثبت شدند و در ترسیم طیف های <sup>1</sup>H NMR، TMS به عنوان مرجع داخلی استفاده شد.

## ۲-۲- روش عمومی سنتز تک ظرف مشتقات ۳a-i:

در یک سلول تفکیک نشده الکتروشیمیایی مجهز به همزن مغناطیسی، حاوی الکتروود آهن به عنوان کاتد و الکتروود پلاتین به عنوان آند، محلولی از آلدهید آروماتیک (۱ میلی مول)، دیمدون (۲ میلی مول) و الکتروولیت پتاسیم برمید (۰/۱ میلی مول) در حلال متانول (۱۰ میلی لیتر) و جریان ۵۰ میلی آمپر (سطح الکتروودها، ۲/۵ سانتی متر مربع) در دمای اتاق الکتروولیز شد. پیشرفت واکنش با استفاده از کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) اتیل استات/نرمال-هگزان با نسبت ۱ به ۲ دنبال شد. پس از کامل شدن واکنش، محصول جامد ۲،۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) صاف و پس از شستشو با اتانول ۹۶٪ خالص گردید.

## ۲-۳- بررسی داده های طیفی

۲-۳-۱- ترکیب ۲،۲- (۳-نیتروفنیل)متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) (۳a)

رسوب زرد، دمای ذوب: ۱۹۴-۱۹۵ °C (گزارش شده [۱۳]: ۱۹۱-۱۹۰ °C).

IR (KBr):  $\nu_{\max}$  = ۳۴۳۶, ۲۹۶۰, ۱۶۰۰, ۱۵۲۵, ۱۳۷۷, ۱۳۴۸ cm<sup>-1</sup>.

<sup>1</sup>H NMR (۴۰۰ MHz, CDCl<sub>3</sub>):  $\delta$  = ۱/۱۳ (s, ۶H, ۲CH<sub>3</sub>), ۱/۲۸ (s, ۶H, ۲CH<sub>3</sub>), ۲/۳۵ (d, J = ۱۷/۶ Hz, ۲H, CH<sub>2</sub>), ۲/۴۱ (d, J = ۹/۶ Hz, ۲H, CH<sub>2</sub>), ۲/۴۵ (d, J = ۹/۶ Hz, ۲H, CH<sub>2</sub>), ۲/۵۱ (d, J = ۱۷/۶ Hz, 2H, CH<sub>2</sub>), ۵/۵۵ (s, 1H, CH), ۷/۴۱-۷/۴۷ (m, ۲H, H-Ar), ۸/۰۱ (s, ۱H, H-Ar), ۸/۰۵ (d, J = ۷/۲ Hz, ۱H, H-Ar), ۱۱/۵۵ (brs, ۱H, OH), ۱۱/۸۸ (s, ۱H, OH) ppm.

<sup>13</sup>C NMR (۱۰۰ MHz, CDCl<sub>3</sub>):  $\delta$  = ۲۷/۳, ۲۹/۷, ۳۱/۴, ۳۲/۹, ۴۶/۴, ۴۷/۰, ۱۱۴/۸, ۱۲۱/۰, ۱۲۲/۲, ۱۲۹/۱, ۱۳۲/۹, ۱۴۰/۷, ۱۴۸/۴, ۱۸۹/۶, ۱۹۱/۱ ppm.

۲-۳-۲- ترکیب ۲،۲- (۴-نیتروفنیل)متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) (۳b)

رسوب سفید، دمای ذوب: ۱۸۹-۱۹۱ °C (گزارش شده [۱۳]: ۱۸۸-۱۸۹ °C).

IR (KBr):  $\nu_{\max} = 3420, 2957, 1589, 1510, 1381, 1344 \text{ cm}^{-1}$ .

$^1\text{H NMR}$  (۳۰۰ MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta = 1/13$  (s, ۶H, ۲ $\text{CH}_3$ ), ۱/۲۵ (s, ۶H, ۲ $\text{CH}_3$ ), ۲/۳۱-۲/۵۴ (m, ۸H, ۴ $\text{CH}_2$ ), ۵/۵۶ (s, ۱H, CH), ۷/۲۶ (d,  $J = 8/7$  Hz, ۲H, H-Ar), ۸/۱۵ (d,  $J = 8/7$  Hz, ۲H, H-Ar), ۱۱/۷۸ (s, ۱H, OH), ۱۱/۸۲ (s, ۱H, OH) ppm.

۲-۳-۳- ترکیب ۲، ۲- (۲-نیترو فنیل) متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلو هگزن-۱-اون) (۳c)

رسوب سفید، دمای ذوب: ۱۹۱-۱۹۳ °C (گزارش شده [۱۳]: ۱۸۸-۱۸۹ °C).

IR (KBr):  $\nu_{\max} = 3254, 2955, 1720, 1616, 1522, 1389, 1360 \text{ cm}^{-1}$ .

$^1\text{H NMR}$  (۳۰۰ MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta = 1/04$  (s, ۶H, ۲ $\text{CH}_3$ ), ۱/۱۷ (s, ۶H, ۲ $\text{CH}_3$ ), ۲/۲۰-۲/۵۵ (m, ۸H, ۴ $\text{CH}_2$ ), ۶/۰۵ (s, ۱H, CH), ۷/۲۷ (d,  $J = 8/7$  Hz, ۱H, H-Ar), ۷/۳۵ (t,  $J = 7/8$  Hz, ۱H, H-Ar), ۷/۴۹ (t,  $J = 8/4$  Hz, ۱H, H-Ar), ۷/۵۷ (d,  $J = 7/8$  Hz, ۱H, H-Ar), ۱۱/۶۱ (s, ۱H, OH) ppm.

۲-۳-۴- ترکیب ۲، ۲- (۲-کلرو فنیل) متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلو هگزن-۱-اون) (۳f)

رسوب سفید، دمای ذوب: ۲۰۰-۲۰۲ °C (گزارش شده [۱۳]: ۱۹۹-۲۰۰ °C).

IR (KBr):  $\nu_{\max} = 3391, 2953, 1720, 1608, 1385 \text{ cm}^{-1}$ .

$^1\text{H NMR}$  (۳۰۰ MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta = 1/07$  (s, ۶H, ۲ $\text{CH}_3$ ), ۱/۱۴ (s, ۶H, ۲ $\text{CH}_3$ ), ۲/۰۵-۲/۴۱ (m, ۸H, ۴ $\text{CH}_2$ ), ۵/۶۲ (s, ۱H, CH), ۷/۱۶-۷/۳۸ (m, ۴H, H-Ar), ۱۱/۹۰ (s, ۱H, OH) ppm.

۲-۳-۵- ترکیب ۲، ۲- (۳-کلرو فنیل) متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلو هگزن-۱-اون) (۳g)

رسوب سفید، دمای ذوب: ۲۱۳-۲۱۵ °C (گزارش شده [۱۳]: ۱۸۹-۱۹۰ °C).

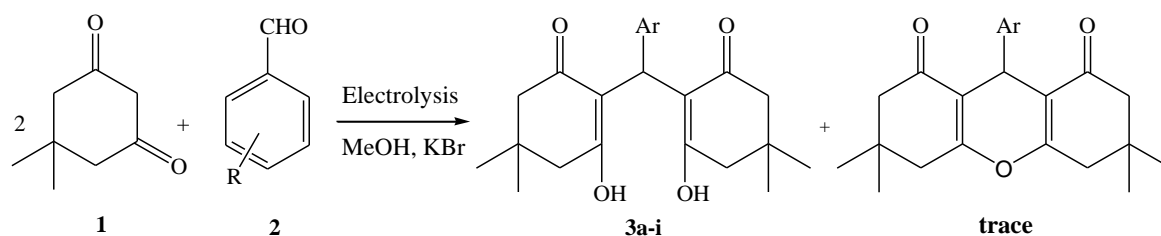
IR (KBr):  $\nu_{\max} = 3394, 2955, 1720, 1610, 1388 \text{ cm}^{-1}$ .

$^1\text{H NMR}$  (۳۰۰ MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta = 1/07$  (s, ۶H, ۲ $\text{CH}_3$ ), ۱/۱۵ (s, ۶H, ۲ $\text{CH}_3$ ), ۲/۰۶-۲/۴۱ (m, ۸H, ۴ $\text{CH}_2$ ), ۵/۶۳ (s, ۱H, CH), ۷/۱۵-۷/۳۸ (m, ۴H, H-Ar), ۱۱/۹۰ (s, ۱H, OH) ppm.

### ۳- بحث و نتایج

در ادامه مطالعات ما بر روی توسعه و گسترش روش الکتروسنتز [۲۱ و ۲۰] به عنوان یک روش مؤثر زیست محیطی که واکنش های شیمیایی را تحت شرایط ملایم نظیر دمای اتاق، فشار اتمسفر و با استفاده از جریان الکتریکی پیش می برند و همچنین با توجه به کاربرد سنتز ۲، ۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلو هگزن-۱-اون) ها و مشتقات زانتن در

تهیه داروهای مختلف، رنگ ها و ... ، ابتدا الکترولیز دیمدون (۱) و ۳-نیترو بنزالدهید (۲a) در یک سلول الکتروشیمیایی مجهز به الکترود آهن به عنوان کاتد و الکترود پلاتین به عنوان آنود در حضور الکترولیت پتاسیم برمید در دمای اتاق انتخاب و تأثیر نوع حلال و مقدار جریان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بهره محصول ۲،۲-(۳-نیترو فنیل)متیلن بیس(۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلو هگزن-۱-اون) (۳a) به میزان زیادی به حلال واکنش و ماهیت باز الکتروشیمیایی بستگی دارد (جدول ۱، شماره های ۱-۳)، همچنین بهره واکنش به جریان الکتریکی و سطح الکترودها و به عبارتی دانسیته جریان وابسته است. همانطوریکه در جدول ۱، شماره های ۴-۷ نشان داده شده، زمانی که الکترولیز در حلال متانول با دانسیته جریان ۲۰ mA (جریان ۵۰ mA) انجام گرفت، بهترین نتایج مشاهده و محصول با بهره ۸۵٪ بدست آمد. برخلاف انتظار، وقتی دانسیته جریان به بالاتر از ۲۰ mA (جریان ۵۰ mA) رسید، کاهش در بهره واکنش مشاهده شد که علت آن را می توان مربوط به الیگمریزاسیون مواد اولیه دانست. تحت شرایط بهینه الکترولیز دیمدون با آلدیدهای آروماتیک ۲a-i، دارای گروههای الکترون دهنده و الکترون کشنده، در یک سلول تفکیک نشده منجر به تشکیل محصولات ۳a-i با بهره خوب ۸۸-۵۵٪ در دمای اتاق شد (شکل ۱-جدول ۲) همانطوریکه در جدول ۲ نشان داده شده، واکنش آلدیدهای آروماتیک دارای گروههای الکترون کشنده خیلی بهتر و سریعتر از آلدیدهای آروماتیک دارای گروههای الکترون دهنده انجام گرفته است.



شکل ۱. سنتز ۲،۲-آریل متیلن بیس(۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلو هگزن-۱-اون)

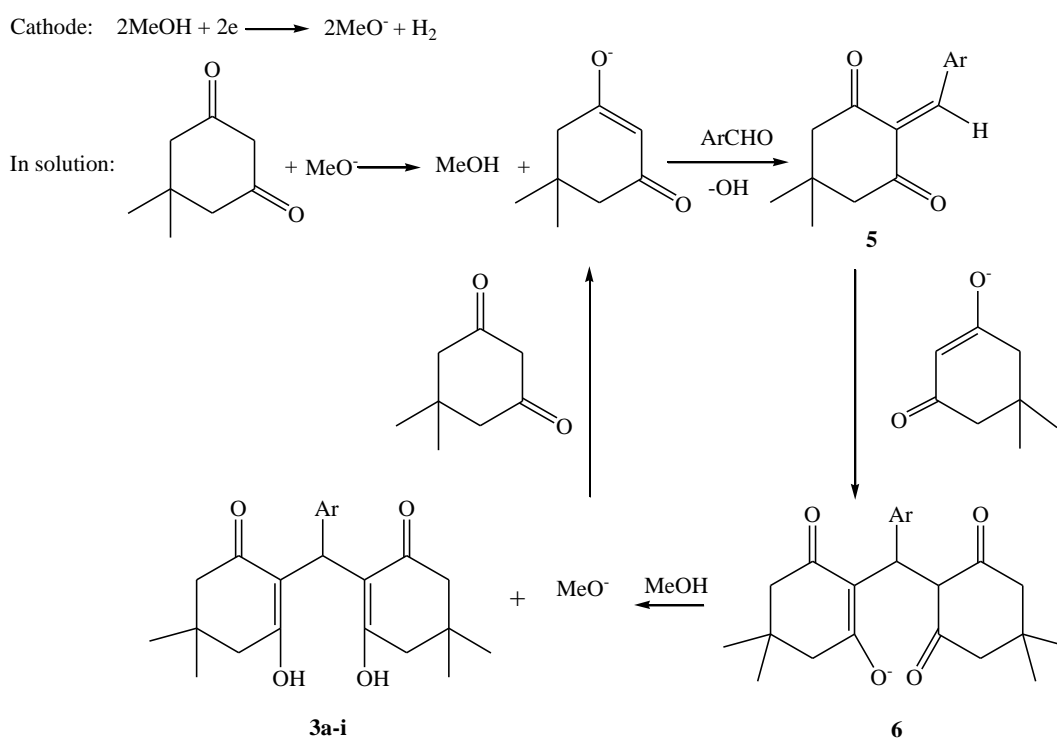
جدول ۱- بهینه سازی حلال و جریان در الکترو سنتز ۲،۲-(۳-نیترو فنیل)متیلن بیس(۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلو هگزن-۱-اون) ۳a

شماره	جریان (mA)	دانسیته جریان (mAcm <sup>-2</sup> )	زمان (min)	الکل	الکتریسیته عبوری (F mol <sup>-1</sup> )	(%) بازده
۱	۱۰	۴	۲۰	متانول	۰/۱۲	۶۵
۲	۱۰	۴	۲۰	اتانول	۰/۱۲	۴۰
۳	۱۰	۴	۲۰	نرمال-پروپانول	۰/۱۲	۱۰
۴	۵	۲	۴۰	متانول	۰/۱۲	۶۳
۵	۲۵	۱۰	۸	متانول	۰/۱۲	۷۰
۶	۵۰	۲۰	۴	متانول	۰/۱۲	۸۵
۷	۱۰۰	۴۰	۲	متانول	۰/۱۲	۸۳

شرایط واکنش: دیمدون (۲ میلی مول)، ۳-نیترو بنزالدهید (۱ میلی مول)، پتاسیم برمید (۰/۱ میلی مول)، الکل (۱۰ میلی لیتر)، الکترود آهن (۲/۵ سانتی متر مربع)، الکترود پلاتین (۲/۵ سانتی متر مربع)، دمای اتاق.

در مکانیسم پیشنهادی، ابتدا آنیون متوکسید در کاند بوجود می آید و با کندن پروتون اسیدی دیمدون، آنیون دیمدون را در محلول واکنش ایجاد می کند. محصول تراکم نووناگل آنیون دیمدون و آلدئید آروماتیک، آریلیدن دیمدون ۵ است که ضمن واکنش مایکل با دومین آنیون دیمدون سبب ایجاد حدواسط ۶ می گردد، که با پروتون گیری از متانول، محصولات ۳a-i را به همراه آنیون متوکسید تولید می کند. با ایجاد آنیون متوکسید در این مرحله چرخه الکتروشیمیایی ادامه می یابد.

(شکل ۲).



شکل ۲. مکانیسم پیشنهادی سنتر مشتقات ۳a-i

جدول ۲- الکتروسنتز ۲،۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) ۳a-i<sup>a</sup>

محصول	آلدئید آروماتیک	دانسیته جریان (mAcm <sup>-2</sup> )	الکتریسیته عبوری (F mol <sup>-1</sup> )	زمان (min)	بازده (%)	دمای ذوب (°C)	
						بدست آمده	[۱۳] گزارش شده
a	۳-نیتروبنزالدهید	۲۰	۰/۱۲	۴	۸۵	۱۹۴-۱۹۵	۱۹۰-۱۹۱
b	۴-نیتروبنزالدهید	۲۰	۰/۱۶	۵	۸۴	۱۸۹-۱۹۱	۱۸۸-۱۸۹
c	۲-نیتروبنزالدهید	۲۰	۰/۲۵	۸	۷۶	۱۹۱-۱۹۳	۱۸۸-۱۸۹
d	۴-متیل بنزالدهید	۲۰	۰/۹۳	۳۰	۶۳	۱۴۵-۱۴۶	۱۴۲-۱۴۳
e	۴-متوکسی بنزالدهید	۲۰	۰/۹۹	۳۲	۵۵	۱۳۸-۱۳۹	۱۴۰-۱۴۱
f	۲-کلرو بنزالدهید	۲۰	۰/۲۵	۸	۸۸	۲۰۰-۲۰۲	۱۹۹-۲۰۰
g	۳-کلرو بنزالدهید	۲۰	۰/۳۱	۱۰	۸۵	۲۱۳-۲۱۵	۱۸۹-۱۹۰
h	۴-کلرو بنزالدهید	۲۰	۰/۳۷	۱۲	۷۶	۱۳۸-۱۳۹	۱۳۷-۱۳۸

i	بنزالدهید	۲۰	۰/۴۷	۱۵	۷۲	۱۸۸-۱۹۰	۱۸۹-۱۹۰
	<sup>a</sup> شرایط واکنش: دیمدون (۲ میلی مول)، آریل آلدئید (۱ میلی مول)، پتاسیم برمید (۰/۱ میلی مول)، متانول (۱۰ میلی لیتر)، الکتروود آهن (۲/۵ سانتی متر مربع)، الکتروود پلاتین (۲/۵ سانتی متر مربع)، دمای اتاق.						

#### ۴- نتیجه گیری

به طور کلی، روش الکتروسنتز به عنوان یک روش آسان و کارآمد برای تهیه مشتقات ۲،۲-آریل متیلن بیس (۳-هیدروکسی-۵،۵-دی متیل-۲-سیکلوهگزن-۱-اون) از طریق واکنش آلدئید آروماتیک و دیمدون در حضور الکترولیت پتاسیم برمید ارائه شد. این روش دارای امتیازاتی نظیر: سادگی روش، در جا تهیه نمودن باز، اجتناب از حلال های خطرناک، زمان کوتاه واکنش، دوستدار محیط زیست، عدم استفاده از کاتالیزور های گرانبه، جداسازی آسان محصولات و بهره بالا واکنش می باشد.

#### ۵- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از حمایت های مالی باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت صمیمانه تشکر می نمایند.

#### ۶- منابع

- [1] K. M. Khan, G. M. Maharvi, M. T. H. Khan, A. J. Shaikh, S. Perveen, S. B. Mild, M. I. Choudhary, *Bioorg. Med. Chem.*, **14** (2006) 344.
- ۲- الهام تبریزیان، علی عموزاده، فصلنامه شیمی کاربردی دانشگاه سمنان، شماره ۳۰، سال نهم، بهار ۹۳، ص ۲۳
- [3] G. Carlin, R. Djursater, G. Smedegard, B. Gerdin, *Agents Actions*, **16** (1985) 377.
- [4] R. W. Lambert, J. A. Martin, J. H. Merrett, E. B. K. Parkes, G. J. Thomas, PCT Int Appl WO9706178, 1997.
- [5] T. Hideo, J. Teruomi, Jpn Patent 56005480, 1981.
- [6] A. K. Bhattacharya, K. C. Rana, M. Mujahid, I. Sehar, A. K. Saxena, *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **19** (2009), 5590.
- [7] L. B. Liu, T. S. Jin, L. S. Han, M. Li, N. Qi, T. S. Li, *E-J. Chem.*, **3** (2006) 117.
- [8] M. T. Maghsoodlou, S. M. Habibi-Khorassani, Z. Shahkarami, N. Maleki, M. Rostamizadeh, *Chin. Chem. Lett.*, **21** (2010) 686.
- [9] S. Kantevari, R. Bantu, L. Nagarapu, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, **269** (2007) 53.
- [10] T. S. Jin, A. Q. Wang, H. Ma, J. S. Zhang, T. S. Li, *Indian J. Chem.*, **45B** (2006) 470.
- [11] (a) D. Q. Shi, J. Chen, Q. Y. Zhuang, X. S. Wang, H. W. Hu, *Chin. Chem. Lett.*, **14** (2003) 1242;  
(b) D. Q. Shi, Q. Y. Zhuang, J. Chen, X. S. Wang, S. J. Tu, H. W. Hu, *Chin. J. Org. Chem.*, **23** (2003) 684.
- [12] A. Ilangovan, S. Muralidharan, P. Sakthivel, S. Malayappasamy, S. Karuppusamy, M. P. Kaushik, *Tetrahedron Lett.*, **54** (2013) 491.

- [13] J. -T. Li, Y. -W. Li, Y. -L. Song, G. -F. Chen, *Ultrason. Sonochem.*, **19** (2012) 1.
- [14] T. S. Jin, J. S. Zhang, A. Q. Wang, T. S. Li, *Synth. Commun.*, **35** (2005) 2339.
- [15] G. Kaupp, M. R. Naimi-Jamal, J. Schmeyers, *Tetrahedron*, **59** (2003) 3753.
- [16] (a) G. Kaupp, M. R. Naimi-Jamal, *Chem. Eur. J.*, **8** (2002) 594; (b) G. Kaupp, J. Schmeyers, J. Boy, *J. Prakt. Chem.*, **342** (2000) 269.
- [17] G. Cravotto, G. M. Nano, G. Palmisano, S. Tagliapietra, *Synthesis*, **8** (2003) 1286.
- [18] H. Lund, *Organic Electrochemistry* (fourth ed.), Marcel Dekker Inc: New York, 2000.
- [19] S. Torii, *Novel Trends in Electroorganic Synthesis*, Springer: Berlin, 1998.
- [20] H. Kefayati, S. Homayoon, R. Kazemi-Rad, A. Delafrooz, *C. R. Chimie*, **17** (2014) 894.
- [21] R. Kazemi-Rad, J. Azizian, H. Kefayati, *Tetrahedron Lett.*, **55** (2014) 6887.