

# اصول پایه الکتروفورز مومین برای داروسازان

دکتر فرناز منجم‌زاده<sup>۱</sup>، دکتر مهدی یزدخواستی<sup>۲</sup>، دکتر سالار معصوم‌زاده<sup>۳</sup>

۱. گروه فارماسیوتیکس دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی تبریز  
۲. مرکز ایمنی غذا و دارو، دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی تبریز  
۳. دستیار گروه فارماسیوتیکس دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

## ■ خلاصه

در شاخه‌های مختلف علوم پایه و مباحث آزمایشگاهی، همواره بررسی نمونه‌های مجهول از اهمیت خاصی برخوردار بوده است. لزوم جداسازی کامل ترکیبات موجود در یک نمونه، تعیین مقدار و تعیین ساختار آن‌ها واقعیتی انکارناپذیر است. الکتروفورز مومین روشی دقیق برای جداسازی و تعیین مقدار مواد موجود در نمونه‌های مختلف می‌باشد. هم‌چنین این روش با توجه به شناساگری که دارد، می‌تواند در تعیین ساختار و در تعیین هویت مواد موجود در نمونه نقش ایفا کند. از آنجایی که این روش ویژگی‌های منحصر به فرد خود را دارد، با دقت بالا و در زمان کم قادر است نمونه‌های مختلف را شناسایی و تعیین ساختار و تعیین مقدار کند. در ادامه، با اصول پایه‌ای و ساختار و ویژگی‌های دستگاه و کاربردهای این روش بیشتر آشنا می‌شویم.

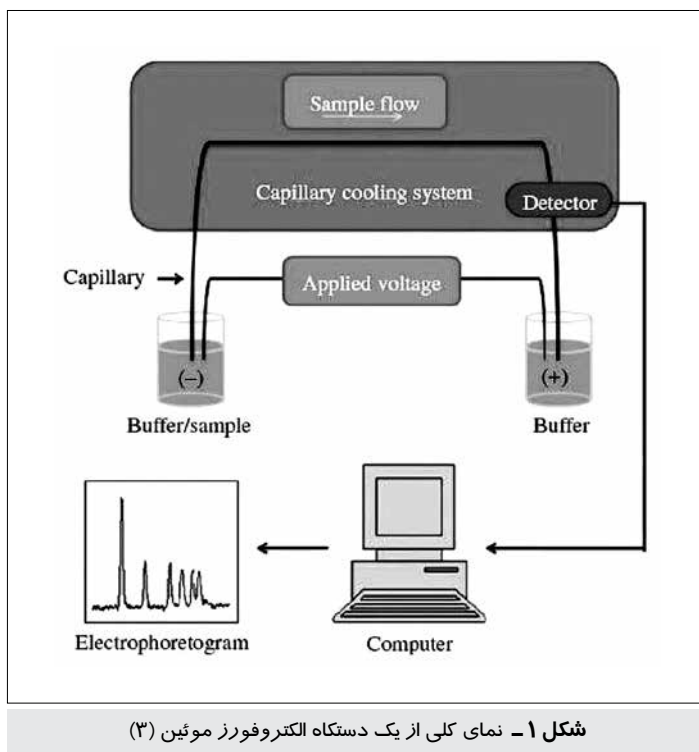
## ■ مقدمه

الکتروفورز مومین یک روش شناسایی و ارزیابی آزمایشگاهی است که از سال ۱۹۹۸ میلادی به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفت. از این روش برای شناسایی و ارزیابی نمونه‌های مختلف و هم‌چنین تعیین مقدار مواد در نمونه استفاده می‌شود (۱).

انواع دستگاه‌های الکتروفورز مومین عبارتند از: دستگاه‌های دست‌ساز که به صورت دستی در یک آزمایشگاه بر پا شده‌اند و نمونه دیگر دستگاه‌های آماده تجاری می‌باشند که در بازار در دسترس می‌باشند (۲).

## ■ اجزای دستگاه الکتروفورز مومین

در شکل (۱)، یک دستگاه الکتروفورز مومین به صورت نمادین نمایش داده شده است. اجزای



جریان مختلف در لوله موئین می‌شوند و این دو جریان عبارتند از: جریان الکتروفورتیک و جریان الکترواسموتیک (۴).

### ■ جریان الکتروفورتیک

این جریان ناشی از اعمال نیروی الکتریکی بر بافر در حال جریان در دستگاه الکتروفورز موئین می‌باشد و بدین صورت عمل می‌کند که ذرات با بار مثبت را به سمت کاتد و ذرات با بار منفی را به سمت آند می‌کشاند. سرعت ذرات در این حالت به سه مولفه مقدار بار ذرات، اندازه ذرات و ویسکوزیته بافر بستگی دارد (۵).

دستگاه الکتروفورز موئین عبارتند از: بافر ابتدایی یا بافر نمونه، لوله موئین، آشکارساز یا شناساگر، بافر انتهایی، منبع تأمین کننده اختلاف پتانسیل و مجموعه پایدار کننده دمای لوله موئین (۳).

### ■ اساس کار دستگاه الکتروفورز موئین

در روش الکتروفورز موئین ذرات بر اساس بار الکتریکی و اندازه ذره‌ای نسبت به یکدیگر جداسازی می‌شوند.

این جداسازی مبتنی بر وجود دو نیرو می‌باشد که بر ذرات در حین شناسایی در دستگاه الکتروفورز موئین اعمال می‌شود. این دو نیرو باعث ایجاد دو

### ■ جریان الکترواسموتیک

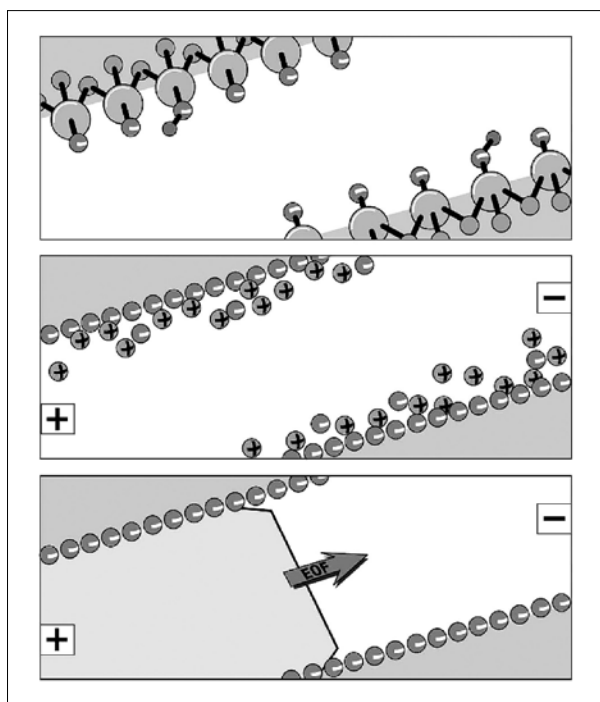
این جریان اصلی ترین جریان در دستگاه الکتروفورز موئین است و باعث می شود همه ذرات از سمت آند به طرف کاتد حرکت کنند.

(گروه های سیلانول) یک لایه با بار مثبت ایجاد می کنند، زمانی که پتانسیل الکتریکی اعمال می شود، این کاتیون ها به سمت کاتد شروع به حرکت می کنند. از آن جایی که این کاتیون ها آب پوشیده (سولواته) هستند، مولکول های آب اطراف آن ها نیز به همراه این کاتیون ها شروع به حرکت می کنند و به این ترتیب جریان الکترواسموتیک ایجاد می شود (۵).

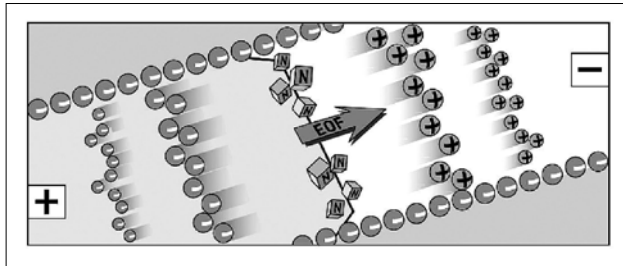
شدت جریان الکترواسموتیک به گونه ای در دستگاه تنظیم می شود که مقدارش بیشتر از شدت جریان الکتروفورتیک باشد تا در نهایت در لوله موئین جریان کلی به یک سمت باشد. در شکل (۲)، نمای

### ■ چگونه پیدایش جریان الکترواسموتیک

سطح داخلی لوله های موئین با سیلیکاژل پوشیده شده است. گروه های هیدروکسیل سیلیکاژل با توجه به pH بافر به صورت باردار در آمده اند و یک بار منفی در سطح داخلی لوله موئین ایجاد کرده اند. کاتیون های موجود در بافر، در کنار این بار منفی گروه های هیدروکسیل دپروتونه شده



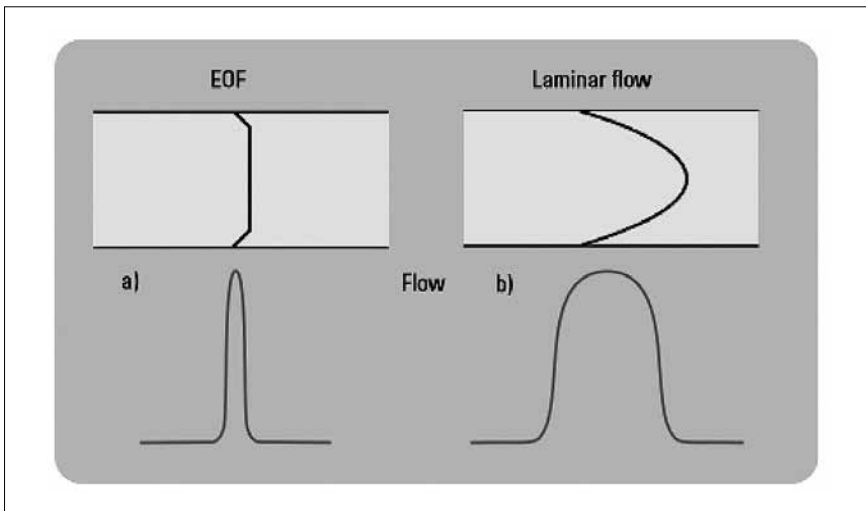
شکل ۲ - نمایش نمادین جریان الکترواسموتیک (۵)



شکل ۳ - نحوه جداسازی مواد در الکتروفورز موئین (۵)

بر اساس میزان چگالی بار جداسازی می‌شوند) و در ادامه مواد خنثی و در نهایت آنیون‌ها. نحوه شکل ترسیمی جبهه جریان در لوله موئین در الکتروفورز با جریان در ستون کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا در شکل (۴) نشان داده شده و این تفاوت به خاطر نیروهای دخیل در به حرکت درآوردن جریان‌های درون هر سیستم می‌باشد (۵). همان‌طور که در شکل (۴) هم نشان داده شده،

کلی از برهم‌کنش‌های دیواره لوله موئین و بافر موجود در اطراف آن نشان داده شده است. اساس جداسازی در الکتروفورز موئین به صورت نمادین در ادامه نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل (۳) نمایش داده شده است، در لوله موئین اجزا به ترتیبی که نمایش داده شده‌اند، جدا می‌گردند: ابتدا کاتیون‌های کوچک و سپس کاتیون‌های بزرگ (البته، در این جا مولکول‌ها



شکل ۴ - جبهه جریان الکترواسموتیک در برابر جریان در ستون کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (۵)

می‌توان از طیف سنجی جرمی هم بعد از الکتروفورز استفاده کرد (۵).

در ادامه انواعی از تکنیک‌های جداسازی در الکتروفورز آمده است:

Capillary Zone Electrophoresis (CZE)

Capillary Gel Electrophoresis (CGE)

Micellar Electrokinetic Capillary Chromatography (MEKC)

Capillary Electro Chromatography (CEC)

Capillary Isoelectric Focusing (CIEF)

Capillary Isotachopheresis (CITP) (6)

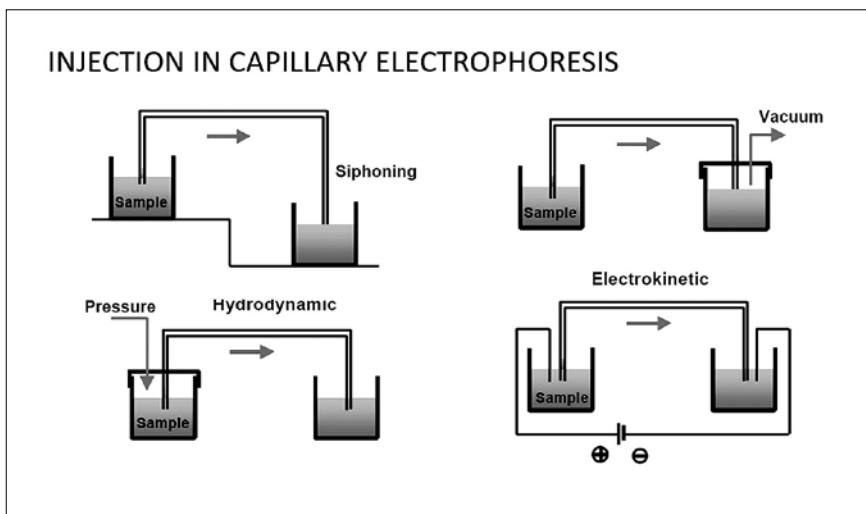
هر یک از این روش‌ها کاربرد مخصوص به خود را دارند. شکل (۶) نمایی کلی از نحوه ارتباط این روش‌ها با یکدیگر نشان می‌دهد.

نحوه جریان در الکتروفورز موئین به گونه‌ای است که در شناساگر، پیک تیز تری می‌دهد.

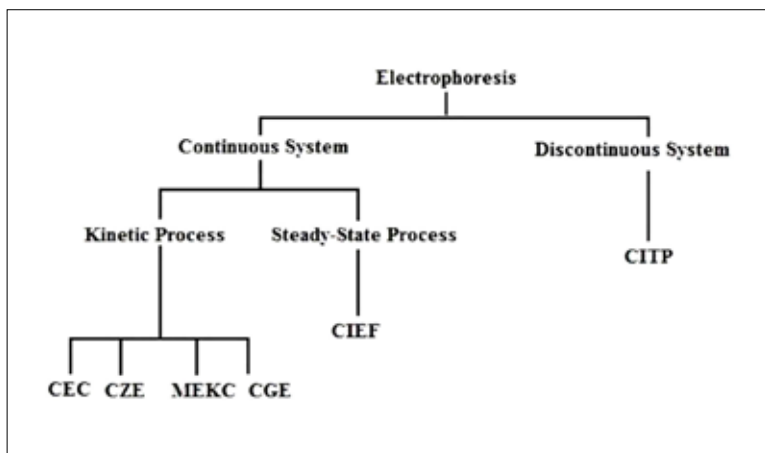
### ■ نحوه تزریق نمونه

در الکتروفورز موئین مقدار نمونه‌ای که وارد لوله موئین می‌شود، بسیار کم است (حدود ۰/۰۴ نانولیتتر) و چون به صورت عملی ما هیچ‌گونه تزریق کننده‌ای نداریم که بتواند این مقدار را برای ما به درون لوله موئین تزریق کند، باید لوله موئین را درون خود ظرف نمونه قرار دهیم تا نمونه وارد لوله موئین شود. در ادامه شکل (۵) نحوه انواع تزریق در این سیستم را نشان می‌دهد.

در الکتروفورز موئین انواع شناساگرها کاربرد دارد که عبارتند از: شناساگر UV-Visible، شناساگر فلورسنت و ... . بیشترین قدرت در شناسایی کمترین مقدار مربوط به شناساگر فلورسنت است. هر چند که



شکل ۵ - نحوه انواع تزریق در الکتروفورز موئین (۲)



شکل ۶- نمایی کلی از نحوه ارتباط تکنیک‌های جداسازی در الکتروفورز موئین (۶)

داروسازی دارای کاربردهای بسیاری در زمینه شناسایی و تعیین مقدار مواد در نمونه‌های مختلف می‌باشد (۵).

شایان ذکر است که الکتروفورز دارای کاربردهای فراوانی است و در حوزه بیولوژی و در تعیین توالی نوکلئوتیدها کاربرد بسیار دارد؛ همچنین در حوزه

#### منابع

1. Camilleri P. Capillary electrophoresis: theory and practice: CRC press; 1997.
2. Kubáň P. BUILD YOUR OWN CAPILLARY ELECTROPHORESIS INSTRUMENT. 2018; p: 26.
3. Lian DS, Zhao SJ. Capillary electrophoresis based on nucleic acid detection for diagnosing human infectious disease. Clin Chem Lab Med (CCLM) 2016; 54(5): 707-738.
4. James N. Capillary electrophoresis. 1995.
5. Heiger D. High performance capillary

electrophoresis. In: Technologies A, editor. Germany 2000.

6. Capillary Electrophoresis [Internet]. <https://chem.libretexts.org/>. 2020. Available from: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical\\_Chemistry/Supplemental\\_Modules\\_\(Analytical\\_Chemistry\)/Instrumental\\_Analysis/Capillary\\_Electrophoresis](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_(Analytical_Chemistry)/Instrumental_Analysis/Capillary_Electrophoresis).