



انواع کروماتوگرافی

روش‌های کروماتوگرافی با توجه به نوع فاز متحرک و شکل فاز ساکن به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند. فاز متحرک گاز یا مایع است، ولی جامد نیست. از طرف دیگر، فاز ساکن مایع یا جامد است، ولی گاز نیست.

(۱) طبقه‌بندی بر اساس نوع فاز متحرک

هرگاه فاز متحرک یک مایع باشد، کروماتوگرافی مایع^۱ و اگر فاز متحرک یک گاز باشد، کروماتوگرافی گازی^۲ نامیده می‌شود. کروماتوگرافی گازی از نظر نوع فاز ساکن (نه شکل آن)، به دو گروه تقسیم می‌شود. اگر فاز ساکن یک ماده جامد باشد، کروماتوگرافی گاز - جامد^۳ نامیده می‌شود. اگر فاز ساکن یک مایع باشد، کروماتوگرافی گاز - مایع^۴ نامیده می‌شود. در کروماتوگرافی گاز-مایع، فاز ساکن مایع بر روی یک تکیه‌گاه جامد پوشش داده شده و درون یک ستون لوله‌ای ریخته می‌شود. لازم به ذکر است که در اصطلاح، به هر دو نوع روش، کروماتوگرافی گازی (GC) گویند.

روش کروماتوگرافی گازی، که در بین سایر روش‌ها بیشترین پیشرفت را کرده است، امروزه پیچیده‌ترین و متداول‌ترین روش، به‌ویژه برای مخلوط گازها و مایعات و جامدات فرار است. حتی برای مخلوط‌های بسیار پیچیده زمان جداسازی به‌وسیله GC اکنون در حدود چند دقیقه است. قدرت تفکیک زیاد، سرعت عمل تجزیه و حساس بودن روش GC سبب شده است که این روش تقریباً در همه آزمایشگاه‌های شیمی متداول و مرسوم باشد.

ابداع کروماتوگرافی توسط تسوت با کروماتوگرافی مایع بود، که در آن از یک ماده جامد به‌عنوان فاز ساکن استفاده شد. ولی، پیشرفت عمده این روش‌ها در کروماتوگرافی مایع - مایع^۵ (LLC) است، که در سال ۱۹۴۱ ابداع شد و در آن به‌جای یک ماده جاذب جامد، از مایعی که بر روی سطح ماده جامد بی‌اثر قرار داده شده بود و با فاز مایع متحرک غیرقابل اختلاط بود، به عنوان فاز ساکن استفاده کردند. اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط، بسته به میزان حلالیت، بین این دو فاز مایع پخش می‌شوند. اگرچه کروماتوگرافی گازی به دو گروه تقسیم می‌شود، ولی روش‌های زیادی در مجموعه کروماتوگرافی مایع قرار دارند، که در ادامه راجع به بحث خواهد شد.

(۲) طبقه‌بندی بر اساس شکل فاز ساکن

روش‌های کروماتوگرافی بر اساس شکل فاز ساکن به دو نوع ستونی و مسطح تقسیم می‌شوند. در اوایل کشف کروماتوگرافی، فاز ساکن جامد درون ستون شیشه‌ای باریک و بلند پر می‌شد، که البته هنوز هم رایج است (شکل ۱). این روش، کروماتوگرافی ستونی نام دارد. فاز ساکن مایع می‌تواند بر روی تکیه‌گاه جامد پوشش داده شده و درون ستون پر شود و لذا، LLC ستونی تهیه کرد. در سال‌های اخیر، روش کروماتوگرافی با ستون‌های بسته، به‌علت ساخت سیستم‌های دستگاهی جدید، پرکننده‌های ستون جدید و درک بهتر از کروماتوگرافی، بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

^۱ . LC: liquid chromatography

^۲ . GC: gas chromatography

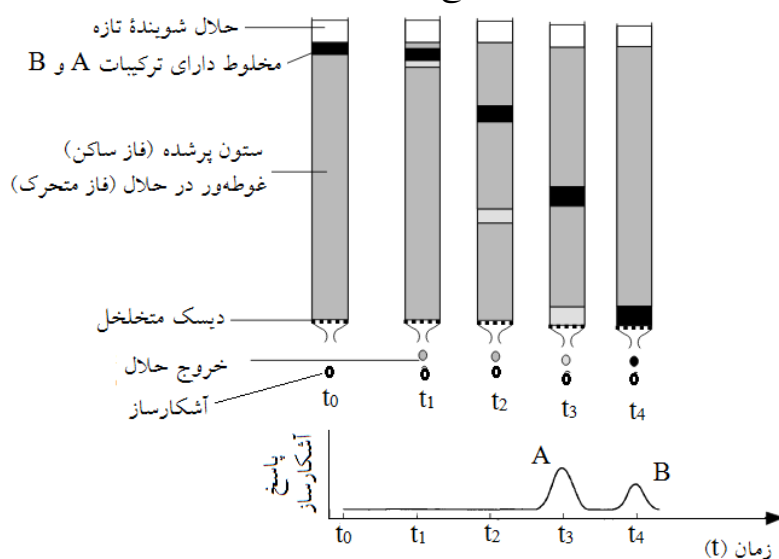
^۳ . GSC: Gas-solid chromatography

^۴ . GLC: Gas-liquid chromatography

^۵ . LLC: Liquid-liquid chromatography



روش کروماتوگرافی با عملکرد زیاد⁶ (HPLC) نیز (در مجموعه کروماتوگرافی مایع ستونی است) اخیراً به اندازه GC متداول شده است. این روش، به خاطر جداسازی سریع نمونه‌های غیرفرار یا ناپدیدار، به سرعت رو به پیشرفت است.



شکل ۱. طرح‌واره‌ای برای جداسازی اجزای A و B یک مخلوط توسط کروماتوگرافی مایع (LC) ستونی، نمودار پائینی علامت خروجی از آشکارساز (کروماتوگرام) را در مراحل مختلف شویش نشان می‌دهد. زمان‌های t_0 , t_1 , t_2 , t_3 و t_4 به ترتیب بیانگر، شروع تزریق مخلوط، آغاز شویش، حرکت سریع‌تر ترکیب A به علت برهمکنش ضعیف با فاز ساکن، خروج اولین ترکیب (A) از ستون، و خروج دومین ترکیب (B) از ستون، هستند.

کروماتوگرافی یونی (IC)^۷ نوعی کروماتوگرافی ستونی است که فاز ساکن آن را مواد تبادلگر یونی تشکیل می‌دهد و با توجه به فاز متحرک آن که یک مایع است، در مجموعه روش‌های کروماتوگرافی مایع قرار دارد. امروزه این روش برای اندازه‌گیری مقادیر کم یون‌های معدنی و آلی، به‌ویژه در آب‌ها و نمونه‌های معدنی به‌کار می‌رود. به همین دلیل در این کتاب با تفصیل بیشتری شرح داده می‌شود.

در ابتدای کشف کروماتوگرافی، تجزیه مقادیر کم مواد موجود در یک مخلوط با کروماتوگرافی ستونی مشکل بود، لذا، برای رفع این مشکل روش کروماتوگرافی کاغذی (PC)^۸ توسعه یافت. در این روش، که نوعی کروماتوگرافی مسطح است، تفکیک اجزای مخلوط بر روی ورقه‌های کاغذ مخصوص، انجام می‌شود. پی‌بردن به مزایای کروماتوگرافی مسطح، سبب توسعه آن به صورت کروماتوگرافی لایه نازک (TLC)^۹ شد. در این روش، تفکیک اجزای مخلوط بر روی لایه‌های نازکی از یک ماده جاذب پوشش داده شده بر روی صفحات شیشه‌ای یا صفحات سخت دیگر انجام می‌شود. برای

⁶. HPLC: High-Performance Liquid Chromatography

⁷. IC: Ion Chromatography

⁸. PC: Paper chromatography

⁹. TLC: Thin-layer chromatography



افزایش قدرت تفکیک ترکیبات یونی به وسیله PC یا TLC، می توان یک میدان الکتریکی در طول کاغذ یا صفحه اعمال کرد. در این صورت، روش های حاصل به ترتیب الکتروفورز کاغذی^{۱۰} و الکتروفورز لایه نازک^{۱۱} نامیده می شود.

¹⁰ . Paper electrophoresis

¹¹ . Thin-layer electrophoresis