ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ფიზიკა.

მარიამ ცაგურიშვილი

დნმ-ის ბიოფიზიკური კვლევები.

(ნაშრომი შესრულებულია ფიზიკის ბაკალვრის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად)

ხელმძღვანელი: თამაზ მძინარაშვილი

მიმართულება-ინტერდისციპლინური (ბიოფიზიკა);

ქვემიმართულება-ბიოფიზიკა

თანახელმძღვანელი: ნინო შენგელია

თბილისი, 2023 წელი.

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University Faculty of Exact and Natural Sciences

Mariam tsagurishvli

Biophysical studies of DNA.

The thesis was completed for the academic degree of Bachelor of Physics

Supervisors:

Tamaz Mdzinarashvili - professor of the Faculty of Exact and Natural Sciences of TSU, doctor of physics and mathematics, biophysicist

Tbilisi, 2023

სარჩევი

ანოტაცია 4

Anotation 4

თავი 1 5

1.1 რა არის დეზოქსირიბო ნუკლეინის მჟავა (დნმ-ის სტრუქტურა) ? 5

1.2 დნმ-ის რეპლიკაცია 7

1.3 დნმ-ის პოლიმერაზა 9

თავი 2 10

ქრომატოგრაფია 10

2.1 გელფილტრაცია 12

2.2 გამანაწილებელი ქრომატოგრაფია 14

2.3 ადსორბციული ქრომატოგრაფია 16

2.4 იონცვლადი ქრომატოგრაფია 17

2.5 აფინური ქრომატოგრაფია 19

2.6 ქრომატოგრაფიის კლასიფიკაცია უძრავი ფაზის მდებარეობის მიხედვით. 20

3. ქრომატოგრაფიის ფიზიკური არსი 21

4. დნმ-ის ქრომატოგრაფიით შესწავლის მნიშვნელობა 22

დასკვნა 23

გამოყენებული ლიტერატურა 24

ანოტაცია

„დნმ-ის ბიოფიზიკური კვლევები“ მარიამ ცაგურიშვილის ავტორობით, მოგვითხრობს მაკრომოლეკულების ბიოფიზიკური კვლევების შესახებ სხვადასხვა მეთოდებს. პირველ ნაწილში დეტალურადაა აღწერილი დნმ, მისი სტრუქტურა, რეპლიკაციის პროცეს და ამ პროცესში მონაწილე ელემენტები და კომპონენტები როგორებიცაა მაგალითად დნმ პოლიმერაზა, რნმ და ა.შ.

ნაშრომის მეორე თავი მოგვითხრობს დნმ-ის ბიოფიზიკურ კვლევებში ფართოდ გამოყენებული მეთოდის - ქრომატოგრაფიის შესახებ: დეტალურად გვიყვება თუ რა არის ამ მეთოდის პრინციპი, როგორ მუშაობს ის და განიხილავს მის სხვადასხვა ტიპებს, კერძოდ კი გელფილტრაციას, გამანაწილებელ ქრომატოგრაფიას, ადსორბციულ ქრომატოგრაფიას, იონცვლად ქრომატოგრაფიას, აფინურ ქრომატოგრაფიას და გვიყვება ქრომატოგრაფიის კლასიფიკაციაზე უძრავი ფაზის მიხედვით.

დასკვნით, ანუ მესამე ნაწილში განხილულია ქრომატოგრაფიის სხვადასხვა მეთოდების დნმ-ის გამოსაკვლევად გამოყენების კონკრეტული მაგალითები და შეფასებულია ქრომატოგრაფიის მეთოდით დნმ-ის კვლევის მნიშვნელობა.

Anotation

„Biophysical researches of DNA” authored by Mariam Tsagurishvili tells us about different methodes of biophysical researches of macromolecules. In the first chapter of this document you will find a detailed explenation of the nature of DNA. Also, after reading the first part, you will know everything about DNA replication and componentes which participate in this process.

The second part of the document tells us about the widly used biophysical research method – Chromatography. It describes the mechanisme of the method and tells us about the different types of the method such as Gelfiltratie, partition Chromatography, Adsorption Chromatography, Ion Exchange Chromatography, and Affinity Chromatography.

In the final part of the document author talks about the useage of Chromatography to research DNA and about the importance of this method.

თავი 1

1.1 რა არის დეზოქსირიბო ნუკლეინის მჟავა (დნმ-ის სტრუქტურა) ?

დეზოქსირიბო ნუკლეინის მჟავა, იგივე დნმ ორგანული მასალაა, რომელსაც კომპლექსური შემადგელობა აქვს. დნმ გვხვდება ყველა პროკარიოტულ[1] (ბაქტერიები და არქეები) თუ ეუკარიოტულ[2] (ცხოველები, მცენარეები, სოკოები) უჯრედში და ასევე მრავალ ვირუსში.

ეს მაკრომოლეკულა[3], რომელიც ერთ-ერთია სამი ძირითადი მაკრომოლეკულიდან (დანარჩენი ორი გახლავთ რნმ და ცილები) პასუხისმგებელია ცოცხალი ორგანიზმის განვითარებისა და ფუნქციონირებისათვის საჭრო გენეტიკური პროგრამის არა მხოლოდ შენახვაზე, არამედ თაობიდან თაობისათვის გადაცემაზეც.

დეზოქსირიბო ნუკლეინის მჟავა პირველად 1869 წელს აღმოაჩინეს, თუმცა მისი როლის დემონსტრირება გენეტიკური მემკვიდრეობის საკითხში მხოლოდ 1943 წელს მოხერხდა.

1953 წელს ფრენცის კრიკმა და ჯეიმს ვოტსონმა, როზალინდა ფრანკლინისა და მაურის ვილკინსის კვლევებზე დაყრდნობით, განსაზღვრეს დნმ-ის სტრუქტურა. მათ განაცხადეს, რომ დეენემმის მოლეკულა ორსპირალიანი პოლიმერია[4], რომლებიც ერთმანეთის გარშემოა დახვეული.

ეუკარიოტებში დნმ-ის მოლეკულა გვხვდება უჯრედის ბირთვში, ქრომოსომის შემადგენლობაში და ასევე ზოგიერთ ორგანოიდში, როგორიცაა მაგალითად მიტოქონდრია[5]. რაც შეეხება პროკარიოტებს, აქ დნმ-ის ნუკლეოტიდი შიგნიდან არის მიმაგრებული მემბრანაზე.

დნმ-ის მოლეკულის შემადგენელი სპირალეიდან თითოეული შედგება მონომერ[6] ნუკლეოტიდების გრძელი ჯაჭვისაგან. ეს ნუკლეოტიდები შედგებიან სამი

---

[1] პროკარიოტები - ერთუჯრედიანი ორგანიზმები, რომლებსაც არ გააჩნიათ ნამდვილი ბირთვ და ქრომოსომები.
[2] ეუკარიოტები - ბირთვიანი უჯრედები, რომლებსაც გააჩნიათ ბირთვი, ბირთვაკი, პლაზმური მემბრანა, რიბოსომა, ენდოპლაზმური ბადე, მიტოქონდრია, ლიზოსომა, გოლჯის აპარატი და ცენტრიონები.
[3] მაკრომოლეკულა - პოლიმერის მოლეკულა.
[4] პოლიმერი - მაღალმოლეკულური ნაერთი.
[5] მიტოქონდია - უჯრედის ენერგეტიკული ცენტრი.
[6] მონომერი - ცილების სამშენებლო მასალა. ისინი ქმნიან ძირითად ერთეულებს პოლიმერებისათვის.

კომპონენტისაგან, რომლებიც არიან: დეზოქსირიბოზა შაქრის მოლეკულა, რომელთანაც დაკავშირებულია ფოსფატების ჯგუფი და აზოტოვანი ფუძე.

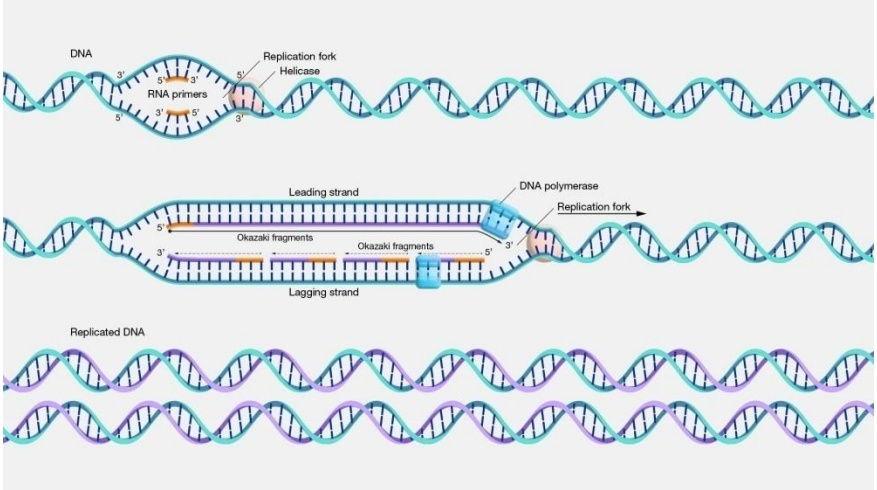
ჯაჭვში შემავალ ნუკლეოტიდებს შორის გვაქვს ფოსფოდიეთერული ბმები[7], რომლებიც ფოსფატის ჯგუფსა და დეზოქსირიბოზას შორის წარმოიქმნება. რაც შეეხება დნმ-ის ორ ჯაჭვს შორის ბმებს, აქ ერთმანეთს უკავშირდებიან აზოტოვანი ფუძეები და მათ შორის წყალბადური ბმები[8] გვაქვს (კომპლემენტარობის პრინციპი). საბოლოო ჯამში დნმ-ის მოლეკულას ორმაგი სპირალის სახე აქვს.

დნმ-ში შემავალი აზოტოვანი ფუძე შეიძლება ოთხი სხვადასხვა სახის იყოს, ესენია: ადენინი, გუანინი, თიმინი და ციტოზინი. 1950-იან წლებში ბიოქიმიკოსმა ერვინ შაგრაფმა გამოიკვლია დნმ-ის მოლეკულები და აღმოაჩინა, რომ აზოტოვანი ფუძეები არათანაბარი რაოდენობით იყო დნმ-ში. დნმ-ის მოლეკულის ორ ჯაჭვს შორის კავშირი სპეციფიკურად წამოიქმნება: ადენინი უკავშირდება მხოლოდ თიმინს, ხოლო გუანინი უკავშირდება მხოლოდ ციტოზინს, შესაბამისად დნმ ყოველთვის ზუსტად იმდენ ადენინს შეიცავდა, რამდენსაც თიმინს, ხოლო ციტოზინს ზუსტად იმდენს - რამდენსაც გუანინს.

დეზოქსირიბო ნუკლეინის მჟავის სტრუქტურის გაშიფვრა მეოცე საუკუნის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი მეცნიერული მიღწევა გახლდათ. ამ აღმოჩენის წყალობით შესაძლებელი გახდა უკეთ შეგვესწავლა ამ მაკრომოლეკულის ფუნქციონირება და მისი როლი ცოცხალი ორგანიზმისათვის.

[7] ფოსფოდიეთერული ბმები - კოვალენტური ბმების მაღალენერგეტიკული გაერთიანება. ამ დროს ერთმანეთს უკავშირდებიან ორი მოლეკულა და ფოსფატის ჯგუფის ფოსფორის ატომი.
[8] წყალბაური ბმები - ამ დროს ერთმანეთს უკავშირდება ელექტროუარყოფითი ატომი და წყალბადის ატომი, რომელიც კოვალენტური ბმითაა დაკკავშირეული სხვა ელექტროუარყოფით ატომებთან.

1.2 დნმ-ის რეპლიკაცია



მოდით განვიხილოთ თუ როგორ ხდება დნმ-ის სინთეზი. რეპლიკაცია ლათინური სიტყვაა და ითარგმნება როგორც განახლება.

მოკლედ რომ ავხსნათ დნმ-ის რეპლიკაცია[9] არის პროცესი, როდესაც დეზოქსირობინუკლეინის მჟავის შვილეული მოლეკულა დნმ-ის მშობლიური მოლეკულის მატრიცაზე სინთეზდება. ამ პროცესის დასრულების შემდეგ, თითოეული შვილეული მოლეკულისაგან მიიღება დეზოქსირობონუკლეინის მჟავის მოლეკულის ერთი ასლი, რომეიც მშობლიური დნმ-ის იდენტურია.

დეზოქსირიბო ნუკლეინის მჟავის რეპლიკაცია ნახევრად კონსერვატიული პროცესი გახლავთ. დნმ-ის ორმაგი სპირალის ჯაჭვებიდან თითოეული გამოიყენება სხვა კომპლემენტარული ჯაჭვის ასაწყობ ნიმუშად.

პროცესის შედეგად ერთი „მშობლიური“ მოლეკულისაგან ორი სრულიად ახალი მოლეკულა წარმოიქმნება, რომელთაგან თითოეულს ერთი ჯაჭვი ძველი, მშობლიური მოლეკულის ასლია, ხოლო მეორე ახალი.

მოკლედ რომ შევაჯამოთ, დნმ-ის რეპლიკაცია ოთხი საფეხურისაგან შედგება:

- პირველ, საწყის ეტაპზე გვაქვს დნმ-ის ორსპირალიანი მოლეკულა.
- მეორე ეტაპზე აზოტოვან ფუძეებს შორის არსებული წყალბადური ბმები წყდება და დნმ-ის სპირალი იხსნება.

[9] რეპლიკაცია - რაიმეს გადაკოპირების, ხელახლა შექმნის პროცესი.

- დნმ-ის მოლეკულის თითოეული ჯაჭვი გამოიყენება ახალი, კომპლემენტარული მოლეკულის ასაწყობ ნიმუშად.
- რეპლიკაციის პროცესის დასრულების შემდეგ ვიღებთ დნმ-ის ორ ახალ მოლეკულას, რომელთაგან თითოეული შედგება ერთი ძველი და მეორე ახალი ჯაჭვისაგან.

მოდით კიდევ უფრო დაწვრილებით განვიხილოთ ზემოხსენებული ეტაპებიდან მესამე. გენის ექსპრესიის პირველი საფეხური გახლავთ ტრანსკრიფცია. ტრანსკრიფციის დროს გენის დნმ-ის თანმიმდევრობა გადაიწერება რნმ-ზე (რიბონუკლეინი მჟავა).

სანამ ტრანსკრიფციის პროცესი დიწყება საჭიოა, რომ დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავის მოლეკულის ორმაგი სპირალი იმ გენთან ახლოს გაიხსნას, რომლის გადაწერაც უნდა მოხდეს ტრანსკრიფციისას. დნმ-ის ასეთ უბანს (რომელიც გახსნილია) ეწოდება ტრანსკრიფციული ბუშტი.

ტრანსკრიფციის პროცესიას, დნმ-ის მოლეკულის ორი სპირალური ჯაჭვიდან ერთ-ერთი გამოიყენება ნიმუშად და ხდება მისი კოპირება. ასეთ ჯაჭვს ეწოდება მატრიცა. ტრანსკრიფციის პროცესის შემდეგ ვიღებთ რნმ-ს რომელზეც ნუკლეოტიდები მატრიცის კომპლემენტარულია. ასევე აღსანიშნავია ერთი მნიშვნელოვანი განსხვავებაც: მიღებულ რნმ-ის მოლეკულაში ყოველ ადგილას სადაც უნდა ყოფილიყო თიმინი გვაქვს ახალი აზოტოვანი ფუძე - ურაცილინი.

ტრანსკრიფციის შედეგად მატრიციდან კოდი გადაიწერა რნმ-ზე, თუმცა როგორ უნდა ავაწყოთ ამ მასალისაგან ცილა? ამისათვის საჭიროა, რომ რნმ-ის მოლეკულა ასე ვთქვათ გაიშიფროს. ამ პროცესს ტრანსლაცია ეწოდება.

ტრანსკრიფციის პროცესის პროდუქტს - რნმ-ის მოლეკულას, რომელზეც კომპლემენტარულადაა გადმოწერილი დნმ-ის მატრიციდან აღებული ინფორმაცია, ეწოდება ი-რნმ, ანუ ინფორმაციული რნმ. რნმ-ის არანაკლებ მნიშვნელოვანი ტიპები რ-რნმ, ანუ რიბოსოული რნმ და ტ-რნმ ანუ სატრანსპორტო რნმ.

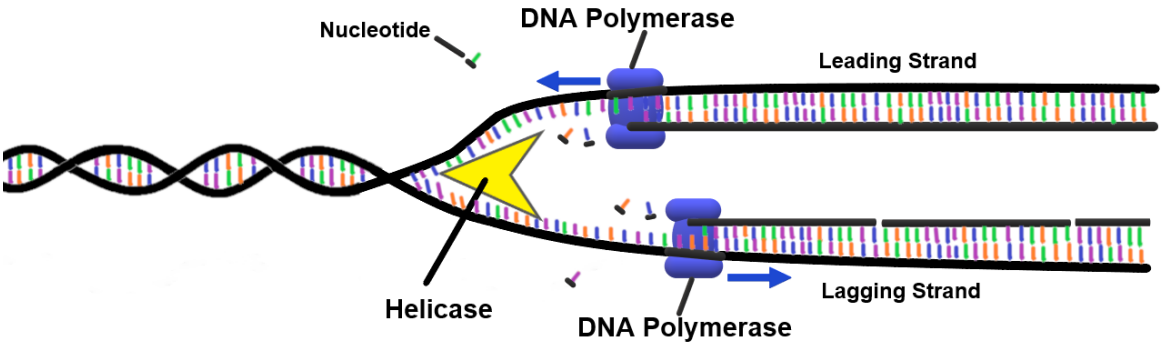
რ-რნმ-ისა და ტ-რნმ-ის გარეშეშეუძლეელია ი-რნმ-ის ტრანსლაცია. რბოსომები გახლავთ ის სტრუქტურები, რომლებზეც მიმდინარეობს ტრანსლაციის პროცესი.

ცილის ახალი მოლეკულის წარმოქმნისას რიბოსომები ამინომჟავების ერთმანეთთან დაკავშირების რეაქციის კატალიზატორების როლს ასრულებენ.

რაც შეხება ტ-რნმ-ს, მათ ამინომჟავების რიბოსომებამდე მიტანა ევალებათ. ისინი ერთგვარი შუამავლის როლს თამაშობენ და პასუხისმგებელნი არიან იმაზე, რომ მზარდ პოლიპეპტიდურ ჯაჭვამდე ზუსტად ის ამინომჟავა მიიტანონ, რომელიც საჭიროა.

ერთი შეხედვით ეს პროცესი თითქოს ძალზედ მარტივია, თუმცა უჯრედმა დნმ-ის მოლეკულა ძალიან სწრაფად და უშეცდომოდ უნდა გააორმაგოს, რისთვისაც ის უამრავ დამხმარე კომპონენტს იყენებს. მოდით, უფრო დაწვრილებით განვიხილოთ ეს ყველაფერი.

1.3 დნმ-ის პოლიმერაზა



დეზოქსირიბო ნუკლეინის მჟავის სინთეზისა ერთ-ერთი ყველაზე მთავარი მოლეკულა დნმ-ის პოლიმერაზაა. ზემოხსენებული ფერმენტი დნმ-ის სინთეზზეა პასუხისმგებელი და მისი ფუნქციაა დნმ-ის მზარდ ჯაჭვს სათითაოდ დაუმატოს ნუკლეოტიდები, თუმცა მხოლოდ ისინი უნდა შეარჩიოს, რომელიც კომპლემენტარულნი არიან მატრიცული, ანუ საწყისი ჯაჭვისა.

დნმ-ის პოლიმერაზას სამუშაოდ ყოველთვის ესაჭიროება საწყისი ჯაჭვი, რომლის მიხედვითაც ის ახალს ააწყობს. ასევე აღსანიშნავია, რომ ამ ფერმენტს არ შეუძლია მთლიანი ჯავის თავად აწყობა. მას ესაჭიროება ერთგვარი საწყისი - პრაიმერი,

რომელსაც ის მიამაგრებს მატრიცის კომპლემენტარულ ნუკლეოტიდებს. საყურადღებოა ის ფაქტიც, რომ დნმ-ის პოლიმერაზები არა მხოლოდ ჯაჭვებს აგრძელებენ, არამედ მათ შეუძლიათ ნაუშევრის რედაქტირებაც და ჯაჭვზე არასწორად დამატებული ნუკლეოტიდების უმრავლესობის მოშორება.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, დნმ-ის პოლიმერაზას შეუძლია მხოლოდ პრაიმერის ელონგაცია[10], თუმცა მისთვის ახალი ჯაჭვის სრულად წარმოქმნა შეუძლებელია. მაშ როგორ ხდება პრაიმერის წარმოქმნა? ამაში მონაილეობას იღებს კიდევ ერთი უმნიშვნელოვანესი ფერმენტი პრიმაზა. პრიმაზა წარმოქმნის რნმ-პრაიმერს, რომის ბოლოშიც განთავსებულია ერთგვარი კაუჭი, რათა დნმ-ის პოლიმერაზამ მასზე ახალი ნუკლოტიდები გამოსდოს.

თავი 2

ქრომატოგრაფია

დეზოქსირიბო ნუკლეინის მჟავის შესასწავლად უამრავი ბიოფიზიკური მეთოდი გამოიყენება. ამ მეთოდებიდან ერთ-ერთი ყველაზე საინტერესო და ხშირად გამოყენებადი გახლავთ ქრომატოგრაფია, რომელსაც დეტალურად გავეცნობით.

ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლების მიხედვით, მოლეკულები შეგვიძლია სხვადასხვაგვარად დავყოთ. მათი კლასიფიკაცია შესაძლებელია ისეთი პარამეტრების მიხედვით როგორებიცაა მაგალითად მოლეკულების ზომა, ხსნადობა[11], ბიოპოლიმერების მეორეული და მესამეული სტრუქტურები, მოლეკულების ადსორბციული მახასიათებლები, აფინურობა[12] სხვა მოლეკულებისადმი, ელექტრული მუხტი, ბიოლოგიური სწრაფვა, და ა.შ.

ამ პარამეტრების განსასაზღვრად და მოლეკულების სხვადასხვა კლასებში გადასანაწილებლად საჭიროა სხვადასხვა მეთოდებისა და აპარატურის გამოყენება. ასეთი მეთოდები დაფუძნებული გახლავთ ორფაზიანი სისტემის არსებობაზე. ამ

[10] ელონგაცია - დნმ-ის ჯაჭვის დაგრძელების პროცესი.
[11] ხსნადობა - ნივთიერების უნარი, შეერიოს სხვა ნივთიერებას.
[12] აფინურობა - ანტისხეულის მოლეკულის აქტიური ცენტრების შეკავშირების სიმტკიცე ანტიგენის დეტერმინანტურ ჯგუფებთან.

ორფაზიან სისტემებში ერთი ფაზა უძრავია, ხოლო მეორე ფაზა პირველის მიმართ გადაადგილდება გარკვეული სიჩქარით. რაც შეეხება ამ გადაადგილების მიმართულებას - ის მუდმივია.

უძრავი ფაზა ავსებს ქრომატოგრაფიულ სვეტს ან ფისქირდება შუშის ზედაპირზე (შესაძლოა პლასტიკურზეც). უძრავ ფაზას შეიძლება წარმოადგენდეს აცეტილცელულოზის ფირფიტა ან ფილტრის ქაღალდი.

რაც შეეხება მოძრავ ფაზას, ის მუდმივ განახლებას განიცდის. მოძრავი ფაზა სისტემაში ერთი კონკრეტული მხრიდან შეედინება, ხოლო მეორედან გამოედინება.

საინტერესოა, თუ როგორ გადანაწილდებიან საკვლევი ხსნარის მოლეკულები ამ ორ ფაზას შორის. ეს ყველაფერი ხდება მოლეკულების ფაზებისადმი სწრაფვის ხარისხის მიხედვით. უძრავი ფაზის ნებისმიერი მონაკვეთი დინამიკური წონასწორობისკენ მიდის. ეს წონასწორობა მოძრავი ფაზის დინამიურობის შედეგად მუდმივად ირღვევა. ფაზებს შორის მუდმივად მიმდინარეობს მოლეკულების გადანაწილება, რის შედეგადაც ისინი მიისწრაფვიან მოძრავი ფაზის მიმართულებით. ამ გადაადგილების სიჩქარე უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია უძრავი ფაზისაკენ მოლეკულების სწრაფვასთან. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ფაზებს შორის მოლეკულების გადანაწილება ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად ხდება.

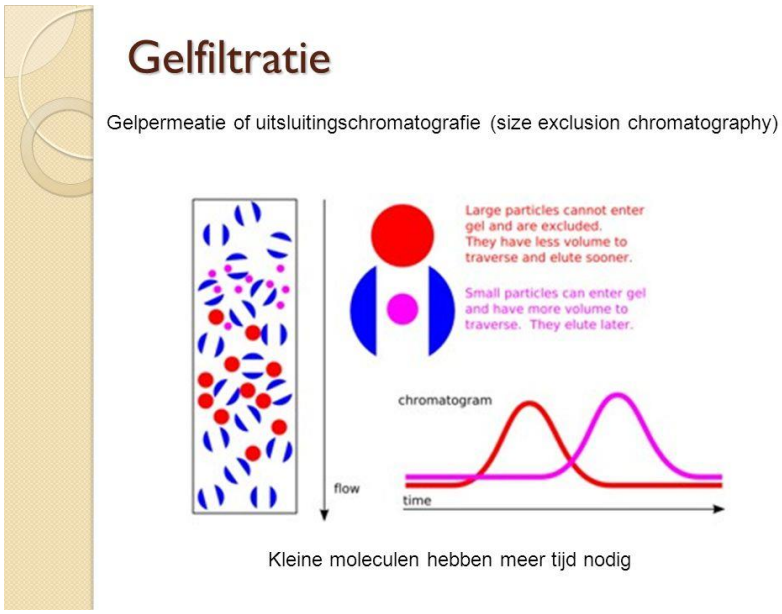
მოლეკულები მიგრირებენ მობილური ფაზის მიმართულებით მაშინ, თუ საკვლევი ხსნარის შემადგენელი მოლეკულების სწრაფვა განსხვავებულია ორი ფაზის მიმართ. ეს ნიშნავს, რომ მოლეკულები მოძრაობენ ქრომატოგრაფიული დაყოფის გზის მთელ პერიმეტრზე, მათი სიჩქარეები კი განსხვავებულია.

ეს ყოველივე საშუალებას გვაძლევს, რომ ქრომატოგრაფიული დაყოფის გზის ბოლოს მოხდეს ამ მოლეკულების ფიზიკური დაყოფა. მოლეკულების სხვადასხვა ფაზებისადმი სწრაფვის ხარჯზე ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ არა მხოლოდ საკვლევი მოლეკულების თვისებები, არამედ ორივე ფაზის ქიმიური და ბიოლოგიური მახასიათებლები.

უძრავი ფაზა შეიძლება იყოს თხიერი ან მყარი. რაც შეეხება მობილურ ფაზას, ის შეიძლება თხიერი ან აირადი იყოს. სწორედ ამ მახასიათებლების მიხედვით ხდება ქრომატოგრაფიის მეთოდების კლასიფიკაცია.

მოდით გავეცნოთ ქრომატოგრაფიის სხვადასხვა სახეებს და ამ პროცესის წარმოებისას გამოყენებულ აპარატურას. ქვემოთ განვიხილავთ ქრომატოგრაფიის სახეებს, როგორებიცაა: გელფილტრაცია, გამანაწილებელი ქრომატოგრაფია, ადსორბციული ქრომატოგრაფია, იონცვლადი ქრომატოგრაფია და აფინური ქრომატოგრაფია.

2.1 გელფილტრაცია



შეგვიძლია თამამად ვთქვათ, რომ გელფილტრაცია ქრომატოგრაფიის ყველაზე მარტივი მეთოდი გახლავთ. გელფილტრაციისას არ არის საჭირო, რომ საკვლევი ხსნარის მოლეკულებს გააჩნდეთ სპეციფიკური სწრაფვა მობილური ან უძრავი ფაზისადმი. ამ შემთხვევაში უძრავი და მოძრავი ფაზაც ხსნარის სახითაა წარმოდგენილი.

უძრავი ფაზა მოთავსებული გახლავთ ფოროვან გრანულებში, ხოლო მოძრავ ფაზას გააჩნია ამ გრანულებს შორის გადაადგილების უნარი. უძრავი ფაზის ხსნარი ახერხებს რომ არ გაჰყვეს მოძრავი ფაზის დინებას გრანულების შემადგენელი ფოროვანი მატერიის ხსნართან შეჭიდების ძალების ხარჯზე. ამ გრანულების მასალა ჰიდროფილურია, ხოლო გელფილტრაციისას გამოიყენება მარილხსნარები.

ზოგადად, საკვლევი ხსნარის მოლეკულების გადაადგილება უძრავ და მოძრავ ფაზებს შორის არანაირ პრობლემას არ წარმოადგენს, თუმცა გელფილტრაციისას ამ ყველაფერს ართულებს გრანულების არსებობა. დიფუზიის პროცესში მყოფი მოლეკულები ეჯახებიან გრანულების კედლებს და არსებული პოლიმერის სივრცობრივი ცხაურის ძაფებს.

დიფუზიის პროცესი კიდევ უფრო რთულდება იმ შემთხვევაში, თუ გადაადგილების პროცესში მყოფი მოლეკულების ზომები და პოლიმერის ცხაურის არხების საშუალო დიამეტრი თანაბარია. მოლეკულების საკმაოდ დიდი ზომების გამო შეიძლება ისეთი ფაქტის წინაშეც კი აღმოვჩნდეთ, რომ დიფუზია საერთოდ შეუძლებელი გახდეს.

უძრავი ფაზის სივრცეში სხვადასხვა სიდიდის მოლეკულების დიფუნდირების ხარისხი გადამწყვეტი ფაქტორია მოლეკულების დაყოფის პროცესში. ცხადია, რომ გელფილტრაციისას საკვლევი ხსნარის მოლეკულების კლასიფიკაცია ხდება მათი ზომის მიხედვით.

რა მოხდება იმ შემთხვევაში, თუ საკვლევ ხსნარში უკიდურესად დიდი მოლეკულები გვხვდება, რომელთა დიფუნდირებაც ფაქტობრივად შეუძლებელია? პასუხი საკმაოდ მარტივია: ასეთი მოლეკულები გამოვლენ ქრომატოგრაფიული სვეტიდან ან მობილური ფაზის წინა ფრონტთან ერთად, რომელსაც ელუციის ფრონტი ეწოდება, გადაინაცვლებენ ქრომატოგრაფიის ფირფიტის კიდისაკენ.

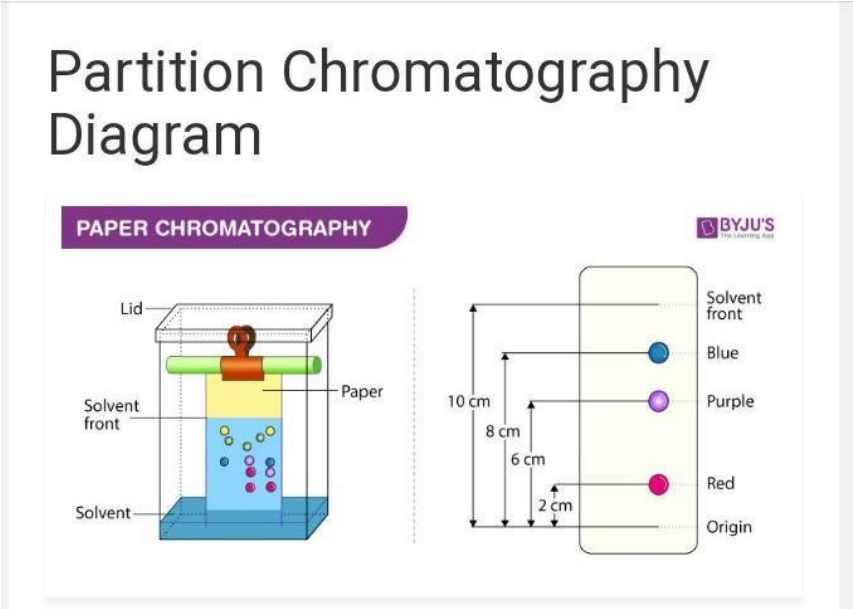
დიდი ზომის მოლეკულები მცირე ზომის მოლეკულებთან შედარებით უფრო სწრაფად მიაღწევენ ქრომატოგრაფიის მანძილის „ფინიშს“. გრანულების მიერ წარმოქმნილი ცხაური არ არის ერთგვაროვანი, რაც ნიშნავს, რომ მასში გვხვდება როგორც მცირე, ასევე დიდი ზომის ფორები. ამ ფორების გარკვეული ნაწილი სხვადასხვა ზომის მოლეკულებისათის ასე ვთქვათ დაძლევადია. ასეთი მოლეკულები შეგვიძლია ვთქვათ, რომ წარმატებით დიფუნდირებენ ფორებში. ამ მოლეკულების ფორებიდან გამოსვლის სიჩქარე დამოკიდებულია მათივე სიდიდის ფარდობითობაზე.

ახლა ვნახოთ, თუ რა ბედი ეწევათ შედარებით უფრო მცირე ზომის მოლეკულებს, რომლებიც ყოველგვარი პრობლემის გარეშე დიფუნდირებენ გრანულებში. ასეთი მოლეკულები გარკვეული დროის განმავლობაშ უძრავობის ფაზაში იქნებიან. თუ რა დროს დაყოფენ ასეთი მოლეკულები უძრაობის ფაზაში დამოკიდებულია მობილურ და

უძრავ ფაზებში ხსნარების რაოდენობის შეფარდებაზე. სტატისტიკურად, ეს დრო ერთნაირია ყველა მცირე ზომის მოლეკულისათვის. საბოლოო ჯამში, ყველა ასეთი მოლეკულა დროის ძალზედ მცირე სხვაობით, ანუ თითქმის ერთდროულად, მიაღწევს ქრომატოგრაფიის გზის საბოლოო წერტილს.

ზემოთ აღწერილ მეთოდს გელფილტრაცია ეწოდა იმიტომ, რომ თავდაპირველად ამ პროცესის საწარმოებლად მეცნიერები იყენებდნენ პოლიმერულ გელებს. მოგვიანებით აღმოჩნდა, რომ ეს გელები არ არის ეფექტური მაღალი წნევის ქრომატოგროფიისას, რადგან ისინი საკმაოდ ადვილად დეფორმირდებიან. სწორედ ამ მიზეზის გამო პოლიმერული გელები ფოროვანი შუშითა და სილიკაგელი[13]თ ჩაანაცვლეს.

2.2 გამანაწილებელი ქრომატოგრაფია



გამანაწილებელი ქრომატოგრაფია არის პროცესი, რომლის დროსაც უძრავი და მოძრავი ფაზები წარმოდგენელია შეურეველი ან ნაწილობრივ შერეული სახით. დავუშვათ, რომ ასეთ სისტემაში გავხსენით რაიმე ნივთიერება: გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაცია გამხსნელებში იქნება ერთნაირი იმ შემთხვევაში, თუ ორივე გამხსნელისმაგვარ თვისებებს ატარებს, რაც ნიშნავს, რომ ორივეს ერთნაირი სწრაფვა გააჩნია ამ ნივთიერებისადმი.

[13] სილიკაგელი - სილიკონის დიოქსიდის ამორფული ფორმა.

საწინააღმდეგო შემთხვევაში, მოლეკულები ერთი ხსნარიდან მეორეში მოძრაობას დაიწყებენ მანამ, სანამ არ დამყარდება ერთგავრი წონასწორობა, რომლის დროსაც ხსნარში, რომელსაც მეორესთან შედარებით მაღალი გამხსნელობითი ხარისხი აქვს გვექნება მოლეკულების უფრო მაღალი კონცენტრაცია.

შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ თუ უძრავი და მოძრავი ქრომატოგრაფიული ფაზები წარმოდგენილნი იქნებიან ამგვარი ხსნარის სახით, ამ ფაზებს შორის საკვლევი ხსნარის ყველა შემადგენელი კომპონენტი სწორედ ფაზების გამხსნელობით ხარისხზე დაყრდნობით გადანაწილდება.

შედეგად, კონკრეტული კომპონენტის სწრაფვა უძრავი ფაზისადმი უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაში იქნება მისი მოძრაობის სიჩქარესთან სვეტისა თუ ფირფიტის გასწვრივ: რაც მეტი იქნება სწრაფვა, მით ნაკლები იქნება მოძრაობის სიჩქარე.

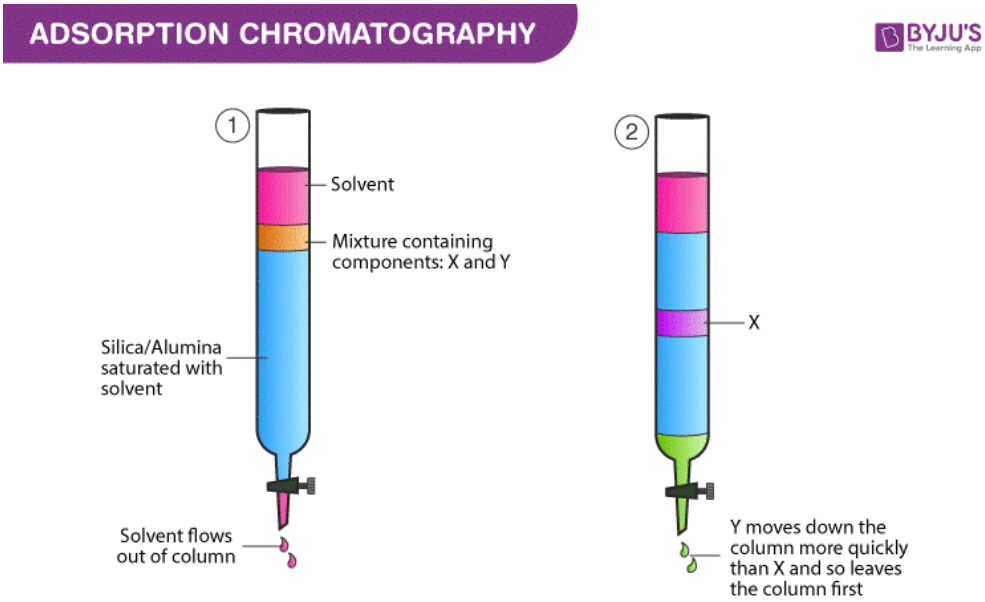
ისევე როგორც გელფილტრაციის დროს, გამანაწილებელი ქრომატოგრაფიის შემთხვევაშიც, უძრავი ფაზის ხსნარი შესაძლოა განთავსებული იყოს გრანულების შეიგნით ან გაჯირჯვლებული ცელულოზის ძაფებთან იყოს მჭიდროდ დაკავშირებული. უძრავი ფაზის ხსნარი შესაძლოა, რომ თხელი აპკის სახით იყოს წარმოდგენილი მეტალის გრანულებსა და მის შიდა ფორებში.

ქრომატოგრაფიის პროცესისას, ხშირად ერთ-ერთი ფაზა არის ორგანული გამხსნელი, ხოლო მეორე წყალი. ზოგადად, მიღებულია ფაზათა ისეთი გადანაწილება, როდესაც უძრავი ფაზის სახით წყალია წარმოდგენილი, ხოლო მოძრავი ფაზა გახლავთ ორგანული გამხსნელი.

რა თქმა უნდა, შესაძლებელია ეს პროცესი წარიმართოს პირიქით და უძრავი ფაზა მოცემული გვქონდეს ორგანული გამხსნელის სახით, ხოლო მოძრავი ფაზა იყოს წყალი. ამ პროცესს შებრუნებულფაზური ან უფრო მარტივად უკუფაზური ქრომატოგრაფია ეწოდება. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ თუ უკუფაზური ქრომატოგრაფია მაღალი წნევის პირობებში მიმდინარეობს უძრავ ფაზაში ორგანული გამხსნელი ნაცვლად გამოიყენება ცხიმოვანი ან არომატული მოლეკულების მონოშრე, რომელიც ქიმიურადაა მიმაგრებული სილიკაგელის მყარ მატრიცაზე.

მაშინ, როდესაც ერთ-ერთი ფაზა არის წყალი, საკვლევი ხსნარის მოლეკულების კლასიფიკაცია მათ ჰიდროფობიურ თვისებებზე დაყრდნობით ხდება.

2.3 ადსორბციული ქრომატოგრაფია



ადსორბციული ქრომატოგრაფია გახლავთ ქრომატოგრაფიის ისეთი სახე, რომლის დროსაც უძრავი ფაზა წარმოდგენილი გვაქვს სორბენტის სახით. მარტივად რომ განვმარტოთ სორბენტები არიან ნივთიერებები, რომლებსაც შესწევთ უნარი, რომ ასე ვთქვათ შეისრუტონ სხვა ნივთიერებების მოლეკულები.

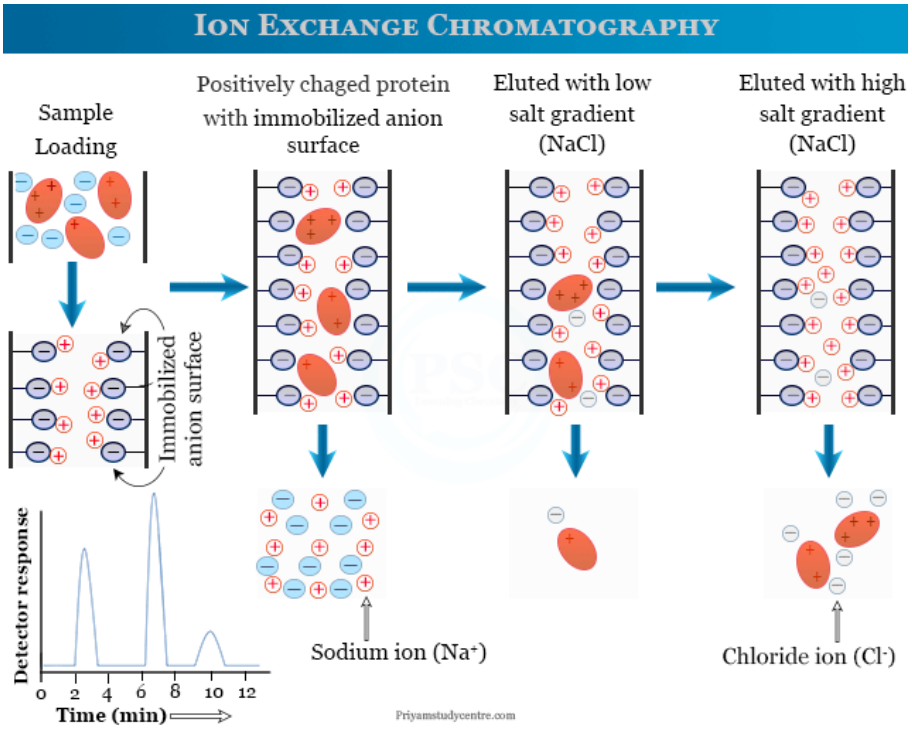
ადსორბციული ქრომატოგრაფიისას, საკვლევი ხსნარის შემადგენელი ყველა კომპონენტისათვის ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად დამყარდება სორბციისა და დისორბციის წონასწორობები. ლოგიკურია, რომ უძრავ (სორბენტი) და მოძრავ ფაზას შორის ადსორბციის კოეფიციენტი იქნება განსხვავებული. სწორედ ეს განსხვავება განაპირობებს მოლეკულების გადანაწილებას ფაზებს შორის.

კომპონენტის სორბენტისადმი სწრაფვა უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაში იქნება ამ კომპონენტის მოძრაობის სიჩქარესთან სვეტისა თუ ფირფიტის გასწვრივ: ეს ნიშნავს, რომ რაც უფრო მაღალია სორბენტისადმი კომპონენტის სწრაფვა, მით ნელა იმოძრავებს ის.

ადსორბციული ქრომატოგრაფიისას პროცესის წამყვანი ძალა გახლავთ სორბცია. დავუშვათ სორბცია მიმდინარეობს მხოლოდ სორბენტის გრანულების ზედაპირზე.

ასეთ შემთხვევაში, ადსორბციული ქრომატოგრაფია წარიმართება მხოლოდ მაშინ, თუ კი სორბენტი ფოროვანი მასალისგანაა აგებული და სორბციული ზედაპირის უმრავლესი ნაწილი მოქცეულია მისი გრანულების შიგნით. ასეთ დროს საკვლევი ხსნარის მოლეკულების მოძრაობას ფორებს შიგნით მათი დიფუზია აყოვნებს (მსგავსად გელფილტრაციის პროცესისა).

2.4 იონცვლადი ქრომატოგრაფია



იონცვლადი ქრომატოგრაფია ეწოდება პროცესს, რომლის დროსაც, ზემოთ აღწერილი მეთოდის მსგავსად, საკვლევი ხსნარის მოლეკულები უკავშირდებიან მყარი, ჰიდროფობური მასალის ზედაპირს, თუმცა ადსორბციური ქრომატოგრაფიისაგან განსხვავებით, ამ შემთხვევაში მოლეკულების დიფუზიის შეფერხებას სულ სხვა მიზეზი აქვს: ამაზე პასუხისმგებელი გახლავთ საპირისპირო მუხტის მქონე იონების[14] ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედება.

გრანულების გარე და შიდა ზედაპირზე, გელის გასწვრივ, განლაგებული გვაქვს გრანულებთან კოვალენტური ბმებით დაკავშირებული იონოგენური ჯგუფები. საინტერესოა, თუ რა მოხდება ამ ჯგუფების წყალში მოხვედრისას: ასეთ დროს, იონოგენური ჯგუფები დისოცრიდებიან და წარმოქმნიან სტატიკურ იიონებს,

[14] იონი - ელექტრულად დამუხტული ნაწილაკი.

რომლებსაც ერთნაირი მუხტი აქვთ. იმ შემთხვევაში, თუ საკვლევი ხსნარის მოლეკულებსაც აღმოაჩნდებათ იონიზაციის უნარი, ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედების წყალობით ისინი სტატიკურ იონოგენურ ჯგუფებს დაუკავშირდებიან.

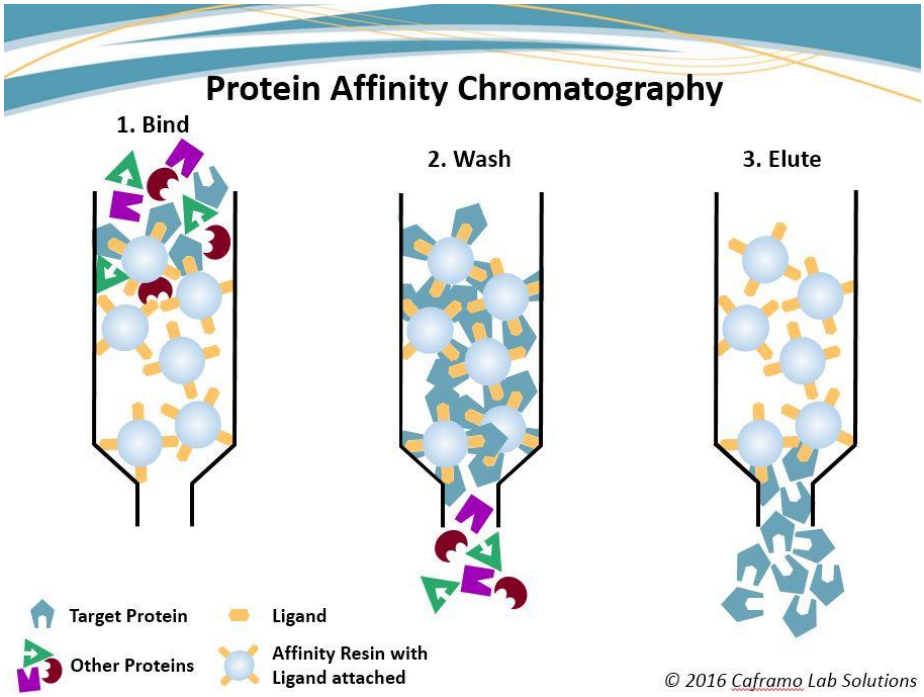
შესაბამისად მივიღებთ, რომ საკვლევი ხსნარის იონიზებური მოლეკულები უძრავ ფაზაზე დაფიქსირდებიან. ეს სურათი შეიძლება შეიცვალოს მაშინ, თუ ერთი კომპონენტის იონებს მეორე კომპონენტის იონები ჩაანაცვლებს ან თუ მათ გამოაძევებენ გელში სპეციალური იონური ელუანტის შეყვანით. ლოგიკურია, რომ ზემოთ აღწერილი ტიპის სორბენტებს იონცვლადები ეწოდებათ, ვინაიდან მიმდინარეობს მათზე იონების ცვლა.

იონცვლადი ქრომატოგრაფიისას საკვლევი ხსნარის მოლეკულების კლასიფიკაცია ხდება მათი მუხტების მიხედვით. მოლეკულის ჯამური მუხტი დამოკიდებულია რამდენიმე ფატროზე როგორებიცაა: იონოგენური ჯგუფების რაოდენობა, მათი გვარობა და მათი დისოციაციის მაჩვენებელი.

მოლეკულის ჯამური მუხტის სიდიდიე უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მოლკულის მოძრაობის სიჩქარესთან სვეტისა თუ ფირფიტის გასწვრივ, რადგან რაც უფრო მაღალია მოლეკულის ჯამური მუხტი მით უფრო მჭიდროდ უკავშირდება ის იონცვლად მატრიქსს, შესაბამისად უფრო ნელა გადაადგილდება.

უნდა გავითვალისწინოთ, რომ იონცვლადი ქრომატოგრაფიის პროცესი ძალიან ფაქიზია და მასზე მარტივად შეიძლება იმოქმედონ ისეთმა ფაქტორებმა როგორებიცაა მაგალითად დიფუზია გრანულებში ან ადსორბცია იონცვლად ფისზე. სწორედ ამიტომ საჭიროა, რომ ყურადღებით შევარჩიოთ იონცვლადი მასალა და აქცენტი გავაკეთოთ მის ფორიანობაზე. თუ მასალა შესაბამისი იქნება, პროცესის წარმმართველი სწორედ იონური ცვლა იქნება.

2.5 აფინური ქრომატოგრაფია



აფინური ქრომატოგრაფიის შემთხვევაში, სორბენტსა და ბიოპოლიმერის მოლეკულებს შორის გვაქვს სუსტი, შექცევადი ურთიერთქმედება, რომელიც აფინურობის (ბიოლოგიური სწრაფვის) საშუალებით ხორციელდება. ასეთი ურთიერთქმედება შეიძლება დამყარდეს ანტისხეულსა და ანტიგენს შორის, ფერმენტსა და სუბსტრატს ან ინჰიბიტორს შორის, ჰოტმონსა და რეცეფტორს შორის და ა.შ.

იმისათვის, რომ საკვლევი ხსნარის მოლეკულები მათი ბიოლოგიური სწრაფვის მიხედვით დავაჯგუფოთ საჭიროა, რომ ცდაში მონაწილე წყვილიდან ერთ-ერთი ბიოფინური სორბენტის ზედაპირთან დავაკავშიროთ. ამის შემდეგ საკვლევი ხსნარი უნდა გავატაროთ სვეტზე. სორბენტზე მიმაგრებულ ნიმუშს საკვლევი ხსნარიდან მხოლოდ ის მოლეკულები დაუკავშირდებიან, რომლებსაც გააჩნიათ ამ ნიმუშისადმი სწრაფვა. დანარჩენი მოლეკულები გამოვლენ სვეტიდან ყოველგვარი შეფერხების გარეშე.

ბიოლოგიური ურთიერთქმედების ცვლილების შედეგად, რომელიც ძირითადად გამოწვეულია შარდოვანას, მარილების, დეტერგენტების, სწრაფვის თვალსაზრისით

კონკურენტი მოლეკულების ზემოქმედებით ან PH-ის დონის[15] ცვლილებით, სვეტიდან დაკავშირებული მოლეკულების ელუცია იწყება.

მოლეკულების ფრაქციონირება უმეტეს შემთხვევაში ქრომატოგრაფიის პროცესისას კი არ მიმდინარეობს, არამედ ერთ-ერთი კომპონენტი სუფთავდება დანარჩენი კომპონენტებისაგან. აფიუნრი ქრომატოგრაფია დიდ შრომასთან და ხარჯთანაა დაკავშირებული, თუმცა მხოლოდ ერთი ქრომატოგრაფიული პროცედურა ხშირად ნივთიერების ათასჯერ გასუფთავების შანსსაც კი იძლევა, შესაბამისად აფიუნრი ქრომატოგრაფია დამკვიდრებული მეთოდია.

2.6 ქრომატოგრაფიის კლასიფიკაცია უძრავი ფაზის მდებარეობის მიხედვით.

ასეთ ქრომატოგრაფიას მეორენაირად სვეტზე ქრომატოგრაფიასაც უწოდებენ, რადგან ამ დროს საჭიროა, რომ სვეტი შევსებული იყოს სორბენტით ან გელის ფოროვანი გრანულებით.

ქრომატოგრაფია სვეტზე საკმაოდ მაღალი წნევის პირობებში მიმდინარეობს, რომელიც 300=500 ატომსფეროს უტოლდება. ეს რამდენიმე მიზეზის გამო ხდება: მაღალი წნევის პირობებში, ჩვენ შეგვიძლია შევამციროთ გელის გრანულების დიამეტრი, რაც საშუალებას გვაძლევს, რომ ასევე შევამციროთ მილის ზომა და მოვიგოთ დრო.

შედეგად, დაყოფის ხარისხი იზრდება და ჩვენ საშუალება გვეძლევა რომ ძალზედ მცირე მოცულობის ნივთერებათა ანალიზი ჩავატაროთ. ქრომატოგრაფიის ამ ტიპს ეწოდება მაღალი წნევის თხევადი ქრომატორაფია (HPLC – high preasure liquid chromatograhpy) ეწოდება. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ მიუხედავად ქრომატოგრაფიის ამ ტიპისათვის საჭირო მაღალი ხარჯებისა, რომელიც გამოწვეულია ძვირადღირებული აპარატურისა და ასევე ძვირადღირებული ფოლადის სვეტების საჭიროებით, ანალიზური ქრომატოგრაფია სრულიად გამართლებულია.

[15] PH დონე - მჟავიანობის საზომი შკალა. PH-ის მიხედვით განისაზღვრება გარემო მჟავაა თუ ტუტე.

ახლა გავიგოთ, თუ რას ეწოდება ქრომატოგრაფია სქელ შრეში: ეს არის პროცესი, როდესაც ქრომატოგრაფია მიმდინარობს გახსნილ სივრცეში არსებულ სწორ, დახრილ, რამდენიმე მილიმეტრის სისქის გრანულების შრეზე, სადაც მოძრავი ფაზის სითხე გადაადგილდება მხოლოდ და მხოლოდ სიმძიმის ძალის ზემოქმედების შედეგად. სქელ შრეში ქრომატოგრაფიის მეთოდი გამოყენებადია მხოლოდ გელფილტრაციის დროს.

შემდეგი ტიპი გახლავთ თხელშრიანი ქრომატოგრაფია(TLC – thin layer chromatohraphy), რომლის შინაარსიც შემდეგნაირია: გრანულების თხელი შრე, რომელიც 0.1 მმ-დან 0.5 მმ-მდე მერყეობს, მიმაგრებული გვაქვს შუშის ფირფიტაზე და ქრომატოგრაფიის პროცესიც თხელ შრეში მიმდინარეობს. ამ შემთხვევაში, მობილური ფაზის მოძრაობა კაპილარული ძალების ზემოქმედების შედეგად ხდება.

ზოგჯერ, ცელულოზის სორბენტის თხელი შრის ნაცვლად ცდის ჩატარებისას იყენებენ უბრალო ფილტრის ქაღალდს. ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს პროცესს, რომელსაც ქაღალდზე ქრომატოგრაფია ეწოდება.

ასევე შესაძლებელია, რომ ფილტრის ქაღალდის ნაცვლად, ცდაში გამოვიყენოთ პოლიამიდური ფირფიტები, ანდაც მოდიფიცირებული ცელულოზასაგან დამზადებული ფირფიტები. ქრომატოგრაფიის ამ ტიპს ლოგიკურად ეწოდება ქრომატოგრაფია ფირფიტაზე.

როდესაც ვიყენებთ ფირფიტას ან ქაღალდს, ის შეიძლება განვალაგოთ როგორც ვერტიკალურად, ასევე ჰორიზონტალურად. პრეპარატი უნდა დავიტანოთ სორბენტის რომელიმე ბოლოზე ზოლის ან ლაქის სახით. ის თავსდება საელუციო ხსნარში იმგვარად, რომ მასზე დატანილი ნიმუში ხსნარიდან რამდენიმე მილიმეტრის დაშორებით იყოს. ხნსარის მოძრაობა კაპილარული ძალების ზემოქმედების შედეგად წარიმართება.

3. ქრომატოგრაფიის ფიზიკური არსი

მოდით ვნახოთ, თ რა ფორმმულები გამოიყენება ქრომატოგრაფიაში სხვადასხვა ამოცანების გადასაჭრელად: მაგალითად, საინტერესოა, თუ როგორ უნდა ვიპოვოთ დინებს სიჩქარე, თუმცა ჯერ გავიგოთ თუ რა არის მისი ფიზიკური არსი და რისთვისაა საჭირო მისი სიდიდის პოვნა.

დინების სიჩქარე არის სითხის მოცულობა რომელიც გაივლის მოცემუ არეაზე დროის ერთეულში. მისი სიდიდის პოვნა ძალზედ მნიშვნელოვანია, რათა სითხით კონტროლირებადმა პროცესებმა უსაფრთხოდ და ეფექტურად ჩაიაროს. ამისთვის შეგვიძლია გამოვიყენოთ შემდეგი ფორმულა:

$$F = \left(\frac{Y}{60}\right) \times \pi r^2$$

სადაც, F არის დინების სიქარე, Y არის ხაზური ნაკადის სიჩქარე, ხოლო r არის სვეტის შიდა რადიუსი. ასევე დინების სიჩქარის დასათვლელად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$Q = v \times A$$

აფინური ქრომატორაფიის მეთოდის გამოყენებისას ძალზედ მნიშვნელოვანია Rf-ის ფორმულა. ახლა ვნახოთ რა არის Rf კოეფიციენტიდა რაში გვჭირდება მისი გამოთვლა:

$$Rf = \frac{\text{კომპონენტის მიერ გავლილი მანძილი}}{\text{სორბენტის მიერ გავლილი მანძილი}}$$

Rf-ის მნიშვნელობა 0-დან 1-მდე მერყეობს. რაც უფრო ახლოა მისი მნიშვნელობა 1-თან მით უფრო მეტია მისი აფინურობა სორბენტისადმი და ნაკლები უძრავი ფაზისადმი. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ Rf-ის სიდიდეზე გავლენა შეიძლება ბევრმა ფაქტორმა მოახდინოს, მაგალითად: ფენის სისქემ, ჭურჭლის სატურაციამ,ტემპერატურამ, მობილური ფაზის სიღრმემ, ნიმუშის ზომამ, სრბენტის პარამეტრებმა და ა.შ.

4. დნმ-ის ქრომატოგრაფიით შესწავლის მნიშვნელობა

როგორც ზემოთ გავეცანით, ქრომატოგრაფია ანალიზური მეცნიერების ერთ-ერთი ყველაზე საინტერესო, გამოსადეგი და შეიძლება ითქვას ძირითადი ინსტრუმენტია.

რაც შეეხება კონკრეტულად დნმ-ს, ამ მაკრომოლეკულის კვლევისას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ქრომატოგრაფიის მეთოდის გამოყენებას. ქრომატოგრაფიის შედეგად

საშუალება გვეძლევა გავწმინდოთ და გამოვაცალკევოთ დნმ. ეს ყოველივე გვეხმარება გამოვყოთ გენომური და პლაზმური დნმ.

უფრო კონკრეტულ მაგალითს თუ მოვიყვანთ, გეტყვით, რომ მაღალი წნევის თხევადი ქრომატოგრაფია მაღალაკურატული და სწრაფი მეთოდია მუტაციების დასაფიქსირებლად დნმ-ში. ის ასევე დნმ-ის მიქსტურების დასაცალკევებლადაც გამოიყენება.

ასევე, ფურცლით ქრომატოგრაფიის მეთოდი გამოიყენება კრიმინალური ანალიზის ჩასატარებლად დანაშაულის ადგილას. ამ მეთოდის საშუალებით, ხდება ამინომჟვების გამოცალკევება და მათი იდენტიფიცირება.

ზოგადად, ქრომატოგრაფიის მეთოდი ფართოდ გამოიყენება დნმ-ის სეკვენირებისას. ეს იმიტომ ხდება, რომ სეკვენირება მოითხოვს კონკრეტული ენზიმის იდენტიფიცირებას, ქრომატოგრაფია კი იდეალური მეთოდია ამინომჟვების გამოცალკევებისათვის.

ქრომატოგრაფია ასევე გამოიყენება ეგრეთ წოდებული გენების მაპინგის დროს. გენების მაპინგი გახლავთ პროცესი, რომლის დროსაც ხდება გენების ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ქრომოსომაზე და მანძილის გაზომვა გენებს შორის.

საბოლოო ჯამში, ქრომატოგრაფია საშუალებას გვაძლევს ერთმანეთისგან გავაცალკევოთ და გავფილტროთ ნივთიერებები. შესაბამისად, შეგვიძლია მივიღოთ მაკრომოლეკულებიც სხვა კომპონენტებისაგან განცალკევებული, დამოუკიდებელი სახით. ეს ყოველივე საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ ზუსტი კვლევები და დაკვირვებები.

დასკვნა

საბოლოო ჯამში, შეგვიძლია ვთქვათ რომ ქრომატიგრაფია ერთ-ერთი ყველაზე ოპტიმალური გადაწყვეტილებაა მოლეკულების დაცალკევების პრობლემების გადასაჭრელად. ჩემი აზრით ქრომატიგრაფია, თავისი მარტივი ბუნებიდან გამომდინარე, პირდაპირ იქნება დაკავშირებული სამომავლო კვლევებთან. მაგალითისათვის, ქრომატიგრაფიის გამოყენება იდეალურად შეიძლება არამიწიერი ნიმუშების კვლევაში. მოგეხსენებათ, კაცობრიობა სულ უფრო და უფრო გართოდ იწყებს მზის სისტემის სხვა პლანეტების კვლევებს, ამ ეტაპზე კი პრიორიტეტული მარსის კვლევებია. ქრომატიგრაფიის მეთოდი მარტივად გამოყენებადი იქნება როგორც დედამიწაზე მარსიდან ჩამოტანილი ნიმუშების კვლევისთავის, ასევე სამომავლოდ უშალოდ მარსზე აშენებულ ლაბორატორიებში გამოსაყენებლად.

გამოყენებული ლიტერატურა

- Protein Chromatography: Process Development and Scale-Up by Alois Jungbauer and Giorgio Carta
- **The Double Helix (Paperback) James D. Watson**