

მარლენ მჭედლიშვილი

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის საფუძვლები

II ნაწილი



დამტკიცებულია სტუ-ს
სასწავლო-მეთოდური
საბჭოს მიერ

განხილული ორგანიზმისთვის მავნე ნივთიერებების სახეები, მათი წარმოშობის წყაროები და ორგანიზმზე მოქმედების თავისებურებანი. წარმოდგენილია ბიომასალიდან შხამიანი ნივთიერების იზოლირების სასამართლო პრაქტიკაში დანერგილი მეთოდები, შხამიანი ნივთიერების თვისებრივი ანალიზი ბიომასალიდან მისი იზოლირების გარეშე.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია სტუ-ს ქიმიური და კვების პროდუქტების ექსპერტიზის სპეციალობის სტუდენტებისთვის. დახმარებას გაუწევს აგრეთვე სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის საკითხებით დაინტერესებულ პირებს.

რეცენზენტები: ო. ჯაოშვილი,
ნ. ნადარეიშვილი,
რ. შეყლაშვილი

თავი I

ნიეთიერების იზოლირება ბიომასალიდან შემუავებული წყლით ან შემუავებული სპირტით და მისი ექსტრაქცია ორგანული გამხსნელით

შემუავებული წყლით ან შემუავებული სპირტით შხამიანი და ძლიერმოქმედი ნიეთიერების იზოლირების მეთოდი დამყარებულია წყალში და ორგანულ გამხსნელებში ნიეთიერებათა სხვადასხვა ხარისხით ხსნადობაზე. გამოტუტვით შხამის იზოლირებას და ორგანული გამხსნელით მის შემდგომ ექსტრაქციას ექვემდებარება:

1. მრავალატომიანი ფენოლები;
2. პოლინიტრონაერთები;
3. ანილინის და პარაამინოფენილის წარმოებულები;
4. ფუჟე ხასიათის მქონე ზოგიერთი სინთეზური ნიეთიერება;
5. ალკალოიდები და მათი ნაწარმები;
6. ორგანული მჟავები და მათი ნაწარმები (პიკრინმჟავა, სალიცილის, აცეტილსალიცილის და ბენზონის მჟავები, ბარბიტურმჟავას ნაწარმები – ვერონალი, ლუმინალი, ბარბამილი და სხვ.).

ნიეთიერების იზოლირება ბიომასალიდან დამოკიდებულია ხსნარის ბუნებაზე და შედგენილობაზე.

1.1. ხსნარის ბუნების გავლენა ბიომასალიდან ნიეთიერების იზოლირებაზე

ამოწვლილვის ხერხით ბიომასალიდან ნიეთიერების იზოლირებისთვის ამაჟამად ძირითადად იყენებენ ეთილის სპირტს და წყალს. მათგან რომელიმეს შერჩევა დამოკიდებულია გამოსაქვლევი ბიომასალის ქსოვილების და უჯრედების შედგენილობაზე.

ცნობილია, რომ წყალი უგჯედთშორისი სითხის 20%-ია. უჯრედში არსებული სითხის – 50%. კუნთებში და ღვიძლში წყლის შემცველობა კიდევ უფრო მეტია – 75-78% და 70-75% შესაბამისად, რის გამოც ქსოვილებსა და უჯრედებში შეღწევა შეუძლია წყალს და წყალში ხსნად ორგანულ სითხეს. პირიქით, უჯრედებსა და ქსოვილებში არსებული სითხე ხელს უშლის წყალში უხსნადი სითხის შეღწევას. ამიტომ წყალში უხსნადი ან ძნელად ხსნადი ორგანული გამხსნელი სრულიად უეარგისია ბიომასალიდან ნიეთიერების იზოლირებისთვის, თუნდაც იგი ხასიათდებოდეს საძიებო შხამის კარგი გახსნის უნარით. მისი გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ კარგად გამომშრალი მცენარეული წარმოშობის ბიომასალიდან ფიზიოლოგიურად აქტიური ნიეთიერებების გამოყოფისას.

ორგანიზმში მოხვედრილი შხამი უმეტეს შემთხვევაში ცილოვან ნიეთიერებებს უკავშირდება. ამ მხრივ განსაკუთრებით გამოირჩევა ალკალოიდები და მათი ნაწარმები. ცილა ამფოტერულ ნაერთებს მიეკუთვნება, რომელიც გარემოს pH-ის მიხედვით დისოცირდება როგორც მჟავა ან როგორც ფუჟე, რის გამოც pH-ის გარკვეულ მნიშვნელობაზე ცილა შეიძლება აღმოჩნდეს მოლეკულურ მდგომარეობაში და არ განიცადოს დისოციაცია. pH-ის ასეთ მნიშვნელობაზე ელექტრული ველის გავლენით ცილის მოლეკულა არ განიცდის გადაადგილებას.

ყოველ კონკრეტულ ცილოვან ნივთიერებას გააჩნია საკუთარი იზოელექტრული წერტილი¹ PH-ის მკაცრად განსაზღვრული მნიშვნელობით, ასე, მაგალითად, ალბუმინისთვის ეს მნიშვნელობა ტოლია 4,8-ის, გლობულინისთვის – 5,2-ის, γ -გლობულინისთვის – 6,4-ის და სხვ. ყოველი კონკრეტული ცილა იზოელექტრული წერტილის ზემოთ დისოციაციისას იძენს უარყოფით მუხტს, იზოელექტრული წერტილის ქვემოთ – დადებითს. ალკალოიდების, მათი ნაწარმების, ფუძე თვისების მქონე სინთეზური ორგანული ნივთიერებების, ანილინის და ფუძე თვისების მქონე სხვა ნივთიერებების დისოციაციისას ნაერთები იძენენ დადებით მუხტს. ამრიგად, იზოელექტრული წერტილის ზემოთ უარყოფითი მუხტის მქონე ცილები უერთდებიან ალკალოიდურ და ფუძემჟავა თვისებით მათ მსგავს ნაერთებს. ვინაიდან როგორც ორგანიზმის ქსოვილებს, ისე სისხლს გააჩნიათ სუსტი ტუტე რეაქცია ($\text{pH}=7.35\ldots7.4$), იქმნება ალკალოიდების ცილებთან ურთიერთქმედების საუკეთესო პირობები. ამრიგად, სპირტით და წყლით ბიომასალიდან ალკალოიდების, მათი ნაწარმების და მსგავსი ნაერთების შემჟავების გარეშე ამოწვლილვა შეუძლებელია – საჭირო ხდება მათი შემჟავება იზოელექტრული წერტილის ზემოთ.

ამრიგად, ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში ბიომასალიდან ალკალოიდების და აზოტშემცველი სხვა ნაერთების იზოლირებისთვის გამოყენებული სითხის შემჟავება უნდა წარმოებდეს $\text{pH}=2.5\ldots3.0$ -მდე. pH -ის აღნიშნული მნიშვნელობის ქვემოთ ორგანიზმის შემადგენელი ცილის ყველა სახეობის ალკალოიდთან და აზოტის შემცველ სხვა ნაერთებთან კავშირის გაწყვეტის ხარჯზე ეს უკანასკნელი გადადიან ხსნარში.

ბიოლოგიური მასალიდან ალკალოიდების და მათი მსგავსი ნაერთების იზოლირებისთვის გამოყენებულ ხსნარს წაეყენება მთელი რიგი მოთხოვნები. კერძოდ, ხსნარი უნდა ხასიათდებოდეს ქსოვილებსა და უჯრედებში კარგი შეღწევადობის, შხამების ცილებთან ნაერთების სწრაფი დაშლის და შხამების კარგი გახსნის უნარით. იზოლირებისთვის გამოყენებული ხსნარი არ უნდა ხსნიდეს ბიომასალაში არსებულ ბუნებრივ ნაერთს. ამ მოთხოვნების გათვალისწინებით სასამართლო-ქიმიური ანალიზის პრაქტიკაში მიღებულია შემჟავებული ეთილის სპირტის ან შემჟავებული წყლის გამოყენება.

ალკალოიდები ურთიერთქმედებენ შემჟავებისთვის გამოყენებულ მჟავასთან მარილების წარმოქმნით.

ალკალოიდების ბიომასალიდან იზოლირებისთვის მიზანშეწონილი არ არის ძლიერი ორგანული მჟავას (HCl , H_2SO_4 , HNO_3) გამოყენება, ძლიერი მჟავა იწვევს ალკალოიდების დაშლას და ცილების ჰიდროლიზს. დაშლის და ჰიდროლიზის პროდუქტები გადადის გამონაწურში და იწვევს მის გაჭუჭყიანებას პეპტიდებით, ამინომჟავებით და დაშლის სხვა პროდუქტებით. თუმცა ცილების ჰიდროლიზი $\text{pH}=2\ldots3$ -ის ფარგლებში იმდენად დაბალი სიჩქარით მიმდინარეობს, რომ pH -ის 2-დან 3-მდე ცვლილების შემთხვევაში შესაძლებელია ალკალოიდების იზოლირებისთვის როგორც ორგანული, ისე ძლიერი არაორგანული მჟავას გამოყენებაც.

ხშირად იზოლირებისთვის შერჩეულ ერთსა და იმავე ხსნარში შხამის და მისი მეტაბოლიტის ხსნადობები მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისგან. ასეთ შემთხვევაში რეკომენდებულია შხამიანი ნივთიერების და მისი მეტაბოლიტისთვის ბიომასალის ნიმუშების ცალ-ცალკე აღება და მათი დამუშავება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად და სათანადოდ შერჩეული ხსნარებით.

¹ გაუიხსენოთ, რომ pH -ის ისეთ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც ამფოტერული თვისების მქონე წყალში ხსნადი ნაერთი არ განიცდის დისოციაციას და იმყოფება მოლეკულურ მდგომარეობაში, იზოელექტრული წერტილი ეწოდება.

1.2. ნივთიერების იზოლირება ბიომასალიდან შემჟავებული სპირტით

ბიომასალიდან შხამიანი ნივთიერების იზოლირებისთვის იყენებენ 96%-იან ეთილის სპირტს. შემჟავებისთვის უფრო ხშირად ხმარებაშია ლვინოშეაქს ან მჟაუნშეაქს 10%-იანი სპირტხსნარით. მეთოდის არსი მდგომარეობის შემდეგში: გვაქვს შიგა ორგანოს 100–200 გ-ს აქუცმაცებენ გულდასმით, ათავსებენ კოლბაში ან ქილაში და ასხამენ 96%-იან ეთილის სპირტს ისეთი რაოდენობით, რომ დაქუცმაცებული ბიომასალა მთლიანად დაიფაროს სითხით. ნარევეს შეამჟავებენ მჟაუნშეაქს ან ლვინოშეაქს 10%-იანი სპირტხსნარით ისე, რომ არევის შემდეგ ხსნარის pH იყოს 2.0-დან 3.0-ის ფარგლებში. ნარევის პერიოდულად – ყოველი 3–5 წთ-ის შემდეგ შეაწვდეთ. 20–30 წთ-იანი დაფიქსირების შემდეგ კოლბიდან იღებენ 4–5 წვეთ სითხეს, აორთქლებენ სრულ ამოშრობამდე, უმატებენ 5 წვეთ წყალს და ამოწმებენ ხსნარის pH-ს უნივერსალური ინდიკატორული ქაღალდით. საჭიროების შემთხვევაში ნარევეს ამატებენ მჟაუნშეაქს ან ლვინოშეაქს 10%-იან სპირტხსნარს $pH = 2.0$ -მდე. კოლბას შიგთავსით მსუბუქად დაახურავენ თავს საცობით¹ და პერიოდული შენჯღღრევის პირობებში ტოვებენ თბილ ადგილზე (25–30°C) ერთი დღე-ღამის განმავლობაში.

ერთი დღე-ღამის შემდეგ ამოწმებენ ხსნარის pH-ს. იმ შემთხვევაში თუ ხსნარის pH შეცვლილია, ხელახლა შეამჟავებენ იმავე ხსნარით $pH = 2.3$ -მდე და პერიოდული შენჯღღრევის პირობებში ტოვებენ დღე-ღამის განმავლობაში. წინააღმდეგ შემთხვევაში გამოწვეული გადააქვთ ცალკე ჭურჭელში; ბიომასალას უმატებენ ეთილის სპირტის ახალ ულუფას, შეამჟავებენ მჟაუნშეაქს ან ლვინოშეაქს 10%-იანი სპირტხსნარით და პერიოდული შენჯღღრევის პირობებში ტოვებენ დღე-ღამის განმავლობაში.

შხამიანი ნივთიერების ამოწმების პროცესს იმეორებენ 3–4 ჯერ (3–4 დღე-ღამის განმავლობაში). ნარჩენი ბიომასალა გადააქვთ ნაეცეცოვან ფილტრზე და რეცხავენ ეთილის სპირტით. ფილტრატს შეურევენ გამოწვეულ ხსნარებს და გადააქვთ ფაიფურის ჯამზე. ფაიფურის ჯამს დგამენ წყლის აბაზანაზე და იწყებენ სპირტის აორთქლებას 35–40°C ტემპერატურის ფარგლებში სიროფისმაგვარი მასის მიღებამდე. მიღებულ მასას, მინის წკირით მუდმივი არევის პირობებში, წვეთწვეთობით² უმატებენ აბსოლუტურ (უკიდურეს შემთხვევაში 96%-იან) ეთილის სპირტს ნალექის გამოყოფის შეწყვეტამდე. ხსნარს აყოვნებენ, ფილტრავენ. ოპერაციას იმეორებენ მანამ, სანამ არ შეწყდება აბსოლუტური სპირტის დამატებით ნალექის გამოყოფა. ამის შემდეგ ხსნარს კიდევ ერთხელ აორთქლებენ სიროფისმაგვარი მასის მიღებამდე და ამოშავებენ 20–25 მლ წყლით. ნალექის წარმოქმნის შემთხვევაში მასას ფილტრავენ და კარგად ჩარეცხავენ მცირე ულუფა წყლით.

შხამიანი ნივთიერების ექსტრაქცია მიღებული ხსნარიდან წარმოებს ქლოროფორმის მეშვეობით. ამისათვის ხსნარს ათავსებენ გამყოფ ძაბრში, უმატებენ 10–15 მლ ქლოროფორმს, მსუბუქად³ შეაწვდით ან გადააბრუნებენ რამდენჯერმე (40–50-ჯერ). ექსტრაქციის პროცესს იმეორებენ 3–4 ჯერ, ქლოროფორმით გამოწვეულ აერობებს და იკლავენ მჟავე გარემოდან ორგანული გამხსნელებით ექსტრაქტირებული ნივთიერებების (ბარბიტურის მჟავეს წარმოებულები, სუსტი ორგანული ფუძეები, ბრუცინი, კოფეინი და სხვ.) შემცველობაზე.

¹ ამოწმების პროცესში მოსალოდნელია ცილის გამოყოფა, რის გამოც დაუმუშავლა კოლბის თავის მჭიდროდ დასურვა საცობით.

² უფრო მაღალ ტემპერატურაზე მოსალოდნელია რთული ეთერების ფორმით არსებული ნივთიერების – ატროპინის, კოკაინის და სხვათა დაშლა.

³ დიდი ულუფებით ეთილის სპირტის დამატება იწვევს ცილოვანი ნივთიერების დაღუპვას დიდი ფანტელის სახით, რაც ხსნარის წატყვას და შესაბამისად დაწკარავების გაზრდას გამოიწვევს.

⁴ ძლიერმა შენჯღღრევამ შესაძლებელია გამოიწვიოს ძნელად გაყოფადი ემულსიის წარმოქმნა.

გამყოფ ძაბრში დარჩენილ სითხეს უმატებენ ამიაკის 25%-იან ხსნარს ტუტე გარემოს მიღებაამდე ($\text{pH}=9\text{--}10$) და აწარმოებენ ალკალიიდების და ფუჟე თვისების მქონე ნივთიერებების ქლოროფორმით 3-4 ჯერად ექსტრაქციებას. ხსნარებს აერთებენ და იკვლევენ ალკალიიდების და ფუჟე თვისების მქონე შხამიანი ნივთიერებების შემცველობაზე.

ნივთიერების იზოლირება შემჟავებული სპირტით ხასიათდება რიგი უპირატესობებით წყალთან შედარებით, კერძოდ, სპირტი იწვევს ცილების შედგებას და უხსნად ფორმში გადაყვანას, რის გამოც გამოწვეული მიიღება გაცილებით სუფთა, წყლით გამონაწურთან შედარებით. ამასთან, ეთილის სპირტის დახმარებით შესაძლებელია გახსნილი გემამის ორგანოებიდან შხამიანი ნივთიერებების და მათი მეტაბოლიტების იზოლირებაც. აქვს ნაკლოვანებებიც, ესენია:

1. ანალიზი მოითხოვს დიდ დროს (საშუალოდ 8-10 დღე);
2. ცილების და მათი დაშლის პროდუქტებისგან გაწმენდის ოპერაციების სიმრავლე;
3. ალკალიიდების დაკარგვის შესაძლებლობა, ერთი მხრივ, ცილებით და ფილტრის ქაღალდით აღსორცისის გზით, ხოლო, მეორეს მხრივ, მჟავა ხსნარების ხანგრძლივი გაცხელების შედეგად (კოკაინის, ატროპინის და ზოგიერთი სხვა ალკალიოიდის პიდროლიზი);
4. ეთილის სპირტის დიდი დანახარჯი (~500 მლ სპირტი თითო ანალიზზე).

1.3. ნივთიერების იზოლირება ბიომასალიდან შემჟავებული წყლით

შემჟავებული წყლით ალკალიოიდების და მათი წარმოებულების იზოლირება ბიომასალიდან დამყარებულია იმაზე, რომ ალკალიოიდების ნაერთები (მარილები) მჟაუნმჟავასთან და ლეინომჟავასთან კარგად იხსნება წყალში. მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: საექსპერტოდ წარმოდგენილი გემამის შიგა ორგანოს კარგად დაქუცმაცებული მასის 100 გ-ს ათავსებენ 500 მლ მოცულობის კოლბაში. უმატებენ 200 მლ წყალს და მიღებულ ნარევეს შეამჟავებენ მჟაუნმჟავას ან ლეინომჟავას 10%-იანი წყალხსნარით $\text{pH}=2$ 3-მდე¹. ნარევეს ხშირი შენჯღრევის პირობებში ტოვებენ 2.0 სთ-ის განმავლობაში. 2.0 სთ-ის გასვლის შემდეგ ხსნარი გადააქეთ ცალკე ჭიქაში, ბიომასალას ხელახლა უმატებენ $\text{pH}=2.5$ -მდე შემჟავებულ 200 მლ წყალს და ტოვებენ პერიოდული ნჯღრევის პირობებში ერთი საათის განმავლობაში. განმეორებით დამუშავების შედეგად მიღებულ ნარევეს წურავენ მარლაში. მიღებულ გამონაწურ სითხეებს აერთებენ და ახდენენ მის ცენტრიფუგირებას, ნალექსზედა სითხე გადააქეთ გამყოფ ძაბრში და ახდენენ შხამიანი ნივთიერების ექსტრაქციებას ქლოროფორმით ჯერ მჟავა, შემდეგ ტუტე გარემოში.

ალკალიოიდების და სხვა ორგანული ნაერთების იზოლირება ბიომასალიდან შემჟავებული წყლით ხასიათდება მთელი რიგი უპირატესობით, კერძოდ:

1. მეთოდი გაცილებით მარტივია და მოითხოვს ნაკლებ დროს სპირტით იზოლირებასთან შედარებით.
2. იმის გამო, რომ პროცესი შედარებით მარტივია და ამასთან არ ითვალისწინებს გაცხელებას, ხასიათდება მაღალი მგრძნობიარებით.
3. ბიომასალიდან შხამიანი ნივთიერების იზოლირება შემჟავებული წყლით არ მოითხოვს ძვირად ღირებული მაღალი სისუფთავის აბსოლუტური ეთილის სპირტის გამოყენებას.

¹ შემოწმება წარმოებს უნივერსალური ინდიკატორული ქაღალდით.

აქვს გარკვეული ნაკლოვანებებიც. კერძოდ, გახრწნილი გეამის შიგა ორგანოებიდან ალკალიიდებთან ერთად მოსალოდნელია სხვა ორგანული ნივთიერებების იზოლირებაც. ამასთან, დაბალი ხსნადობის გამო ეერ ხერხდება ზოგიერთი ტოკსიკური ნივთიერების იზოლირება შემჟავებული წყლით, რის გამოც მათთვის სავალდებულო ხდება ეთილის სპირტის გამოყენება.

14. ექსტრაქციის ხარისხი

წყალხსნარებიდან ექსტრაქციით ამა თუ იმ გამხსნელით ორგანული შხამის ამოღებისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ განაწილების კოეფიციენტი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოყენებული ხსნარის რაოდენობის და ექსტრაქციის ჯერადობის შერჩევით განვსაზღვროთ ექსტრაქციის ხარისხი. ექსტრაქციის ხარისხის ცოდნა საშუალებას იძლევა აგრეთვე რაოდენობითი ანალიზის შემთხვევაში მხედველობაში იქნეს მიღებული წყალში დარჩენილი ნივთიერების რაოდენობაც.

განაწილების კოეფიციენტი აღინიშნება K -თი და წარმოადგენს წყალში გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაციის ფარდობას წყალთან შეურეველ სითხეში იმავე ნივთიერების კონცენტრაციასთან:

$$K = \frac{C_1}{C_2}$$

სადაც, C_1 და C_2 არის ნივთიერების კონცენტრაციები შესაბამისად წყალში და ორგანულ გამხსნელში.

გამხსნელად ქლოროფორმის გამოყენების შემთხვევაში გვექნება

$$K = \frac{C_{H_2O}}{C_{CHCl_3}}$$

იმ შემთხვევაში, თუ ორ ერთმანეთში უხსნად სითხეში განაწილებული ნივთიერება არ იცვლის თავის მოლკულოზრ მასას¹, ეს ფარდობა კონკრეტულად მოცემული ნივთიერებისა და გამხსნელისთვის მუდმივი სიდიდეა და არ არის დამოკიდებული წყალში მის კონცენტრაციაზე. თუ ცნობილია რომელიმე ნივთიერების განაწილების კოეფიციენტი და ცნობილია აგრეთვე წყლისა და რომელიმე ორგანული გამხსნელის მოცულობები, ადვილად შეიძლება განისაზღვროს წყალში გახსნილი ნივთიერების რა რაოდენობა გადავა ორგანულ გამხსნელში.

აღენიშნოთ წყალში გახსნილი ნივთიერების რაოდენობა a_0 -ით, ორგანულ გამხსნელში გადასული ნივთიერების რაოდენობა – a_1 -ით. განაწილების შემდეგ ნივთიერების კონცენტრაციები წყალში და ორგანულ გამხსნელში, შესაბამისად იქნება:

$$C_1 = \frac{a_0 - a_1}{V_1} \quad \text{და} \quad C_2 = \frac{a_1}{V_2}$$

სადაც V_1 არის წყლის მოცულობა (ლ); V_2 – ორგანული გამხსნელის მოცულობა (ლ).

¹ განიხილება ისეთი შემთხვევა, როდესაც არ ზდება ნივთიერების დისოციაცია წყალში ან მისი ასოციაცია სათანადო ორგანულ გამხსნელში.

C₁-ის და C₂-ის მნიშვნელობების ჩასმით განაწილების კოეფიციენტის განტოლებაში გვექნება

$$K = \frac{V_2(a_0 - a_1)}{V_1 a_1}$$

საიდანაც შეიძლება განვსაზღვროთ ორგანულ გამხსნელში გადასული ნიეთიერების რაოდენობა:

$$a_1 = \frac{V_2 a_0}{KV_1 + V_2} \square$$

წყალში დარჩენილი ნიეთიერების რაოდენობა იქნება

$$b_1 = a_0 - a_1 = a_0 - \frac{V_2 a_0}{KV_1 + V_2} = \frac{KV_1}{KV_1 + V_2} a_0 \square$$

განმეორებითი ექსტრაქციებისას შესაბამისად გვექნება

$$a_2 = \frac{V_2}{KV_1 + V_2} \cdot \frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \cdot a_0$$

და

$$b_2 = \left(\frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right)^2 \cdot a_0,$$

ხოლო n-ჯერადი ექსტრაქციებისას გვექნება

$$a_n = \frac{V_2}{KV_1 + V_2} \cdot \left(\frac{KV_1}{KV_2} \right)^{n-1} \cdot a_0$$

და

$$b_n = \left(\frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right)^n \cdot a_0 \square$$

n-ჯერადი ექსტრაქციებისას ორგანულ ხსნარში მთლიანად გადასული ნიეთიერების რაოდენობა

$$\sum_{i=1}^n a_i = a_0 \left(1 - \left(\frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right)^n \right),$$

ექსტრაქციის ხარისხი

$$\xi = \frac{a_0 \left(1 - \left(\frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right)^n \right)}{a_0} \cdot 100 = 100 \left(1 - \left(\frac{KV_1}{KV_1 + V_2} \right)^n \right).$$

ამოწვლილების მაღალი ხარისხის მისაღწევად ექსტრაქციისთვის გამოყენებულ სითხეში ნიეთიერების ხსნადობა მეტი უნდა იყოს წყალში მის ხსნადობასთან შედარებით. სათანადოდ, $K < 1.0$.

ორგანული გამხსნელის მცირე ულუფებით მრავალჯერადი ექსტრაქციებისას ამოწვლილის გაცილებით მაღალი ხარისხი მიიღწევა ერთჯერადად დიდი

ულუფით ექსტრაჰირებასთან შედარებით. ამის დასადასტურებლად განვიხილოთ მაგალითი.

დაეუშვათ, რომ რომელიღაც ნივთიერების განაწილების კოეფიციენტი წყალსა და ქლოროფორმში ტოლია 0.1-ის ($K=0.1$), წყალში გახსნილი ნივთიერების რაოდენობა $m_0=1.0$ გ, წყლის მოცულობა $V_1=20$ მლ, ხოლო ექსტრაჰირებისთვის გამოყენებული ქლოროფორმის მოცულობები (V_2) ერთ შემთხვევაში ტოლია 40-40 მლ-ის, მეორე შემთხვევაში – 10-10 მლ-ის. 40-40 მლ ხსნარით ორჯერადი ექსტრაჰირებისას ექსტრაქციის ხარისხი

$$\xi = \left(1 - \frac{0.1 \cdot 20}{0.1 \cdot 20 + 40}\right)^2 \cdot 100 = 99.77\%,$$

10-10 მლ ხსნარით ოთხჯერადი ექსტრაჰირებისას ეს სიდიდე შეადგენს

$$\xi = \left(1 - \left(\frac{0.1 \cdot 20}{0.1 \cdot 20 + 10}\right)^4\right) \cdot 100 = 99.923\%.$$

შესაბამისად წყალში დარჩენილი ნივთიერების რაოდენობები პირველ და მეორე შემთხვევაში იქნება

$$1.0 \cdot \left(\frac{0.1 \cdot 20}{0.1 \cdot 20 + 40}\right)^2 = 0.0023;$$

$$1.0 \cdot \left(1 - \left(\frac{0.1 \cdot 20}{0.1 \cdot 20 + 10}\right)^4\right) = 0.077.$$

ანუ, მცირე ულუფებით ორჯერ უფრო ნაკლები ხსნარის გამოყენების შემთხვევაშიც კი 3-ჯერ მცირე რაოდენობის ნივთიერება რჩება წყალში.

ექსტრაქციის ხარისხის გამოსათვლელი ფორმულა ძალაშია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ არ ხდება წყალში გახსნილი ნივთიერების დისოციაცია და ასევე, თუ არ ხდება ნივთიერების მოლეკულების ასოციაცია ორგანულ გამხსნელში გადასვლისას.

ქვემოთ მოცემულია წყალსა და ქლოროფორმში ზოგიერთი ორგანული ნივთიერების განაწილების კოეფიციენტი.

წყალში და ორბანულ გამხსნელში ბანაჟილების კომპოზიციების მნიშვნელობები ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვანი ზოგიერთი ნივთიერებისთვის

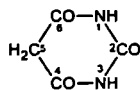
გამხსნელი	ქლოროფორმი		დიქლორეთანი		დიეთილეთერი		ბენზოლი	
	ექსტრაქციის კოეფიციენტი, K	pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა	ექსტრაქციის კოეფიციენტი, K	pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა	ექსტრაქციის კოეფიციენტი, K	pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა	ექსტრაქციის კოეფიციენტი, K	pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა
ანაბაზინი	0.0582	10.5-10.9	0.515	10.5-10.9	3.545	10.3-10.7	0.3385	10.5-10.9
კოკაინი	0.2195	7.6-7.8	-	-	0.667	8.0-8.5	0.449	7.6-7.8
კოლხიკინი	0.0753	5.5-6.5	0.087	5.0-6.0	-	-	3.444	5.5-6.5
კოფეინი	0.0309	4.6-5.0	0.1765	4.6-5.0	24.000	4.6-5.0	-	-
ნარკოტინი	0.087	5.0-6.0	0.2987	5.5-6.5	0.1945	5.5-6.5	-	-
პლატიფილინი	0.0811	10.0-11.0	0.0929	10.0-11.0	0.4706	10.0-11.0	-	-
სეკურეტინი	1.222	7.5-8.5	1.0408	7.5-8.5	1.198	9.0-10.0	-	-
სკოპოლანილი	0.1236	9.0-9.5	-	-	1.4096	10.0-10.5	0.2987	9.0-10.0
თეობრომინი	1.9411	5.0-6.0	4.882	6.5-7.5	19.00	5.0-6.0	-	-

ალკალიდების უმრავლესობისთვის მაქსიმალური ექსტრაქციის ხარისხი მიიღწევა ტუტე გარემოში (pH>7.0). თუმცა, როგორც 1-ლი ცხრილიდან ჩანს, არის გამონაკლისიც.

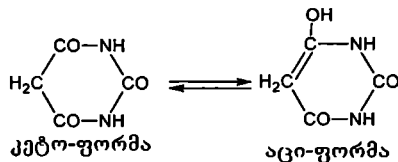
15. მჟავა ხსნარებიდან ქლოროფორმით ექსტრაჰირებადი ნაერთები. მათი აღმოჩენა და განსაზღვრა

ამ ჯგუფს განეკუთვნება ბარბიტურმჟავა და მისი წარმოებულები, ზოგიერთი სხვა ორგანული მჟავა და ალკალიდი, მრავალატომიანი ფენოლები.

ბარბიტურმჟავა (მალონილმარდოანა) წარმოადგენს ერთფუძიან ორგანულ მჟავას:



მჟავერ ბუნებას განაპირობებს ტაუტომერულ ფორმაში მისი გადასვლის უნარი



ბარბიტურმჟავა ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე თეთრი კრისტალური ნივთიერებაა. უწყლო ბარბიტურმჟავა ღლდება (დაშლით) 245°C -ზე; ცუდად იხსნება ცივ წყალში, კარგად – ცხელში. იგი ძმარმჟავაზე უფრო ძლიერი მჟავაა. გამოიყენება ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მისაღებად (ეიტამინი B_1 და B_2). მე-1 ადგილზე მყოფი მეთილენური ჯგუფის წყალბადატომები ხასიათდებიან ძერადობის დიდი უნარით. სხედასხვა რადიკალებით მათი ჩანაცვლებით მიიღება ბარბიტურმჟავას წარმოებულები – ბარბიტურატები. ბარბიტურატები წყალხსნარში იმყოფებიან არა აცი¹ –არამედ იმიდოლ-ფორმაში, ამიტომ წყალხსნარში ისინი უფრო სუსტად ამჟღავნებენ მჟავა ბუნებას, ვიდრე ბარბიტურმჟავა.

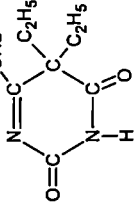
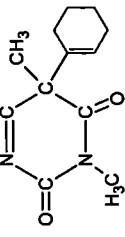
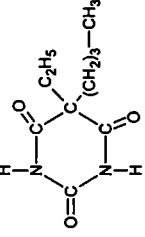
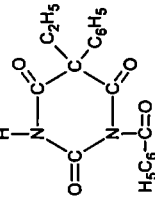
მე-2 ცხრილში მოცემულია ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვანი ზოგიერთი ბარბიტურატის თვისებები.

ბარბიტურატების ტოქსიკური მოქმედება ორგანიზმზე ვლინდება ცენტრალური ნერვული სისტემის მოშლაში, სისხლის წნევის დაცემაში; აღინიშნება აგრეთვე სუნთქვის შენელება, სხეულის ტემპერატურის დაწევა. ძლიერი მოწამვლის შემთხვევაში შესაძლებელია ცნობიერების დაკარგვა 2-5 დღის განმავლობაში, ზოგჯერ – ლეტალური შედეგი მოწამელიდან 12-16 სთ-ის შემდეგ. მოწამვლის შედეგად მოსალოდნელია ნერვული დაბოლოებების და კანის ანთება; ფილტვების ანთება ჩაქცევებით. გამოჯანმრთელების შემდეგ აღინიშნება სხეულის კიდურების ხშირი კრუნჩხვითი დაჭიმულობა.

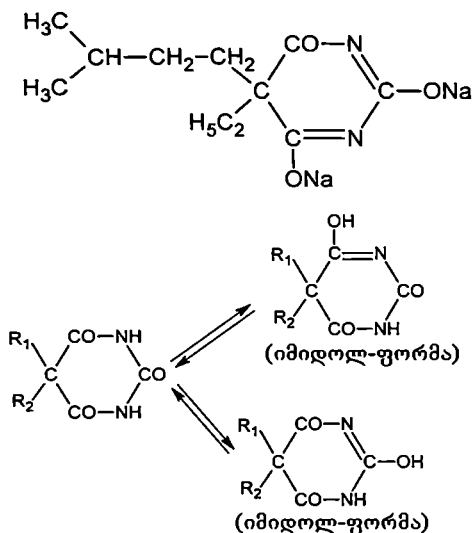
ბიომასალიდან ბარბიტურატების იზოლირება წარმოებს შემჟავებული წყლით ან შემჟავებული სპირტით. გამონაწურიდან ექსტრაქცია – ქლოროფორმით ან სხვა რომელიმე ორგანული გამხსნელით.

¹ აცი-ფორმაში მყოფი OH-ჯგუფი თვისებებით მოგვაგონებს ფენილის ჰიდროქსილის ჯგუფს.

[illegible]

2	3	4	5	6	7	8	9	10
მედიცინალი (ნატრიუმის დიფ- თილბარბიტურატი)		თეთრი, კრისტალური ნოეოფერება	—	1:5	1:600	უ	უ	ხ
პექსენალი-ნატრიუმ- ის-1,5-დიმეთილ-5- ციკლოპექსენ-1-ილ- ბარბიტურატი		მოშავო გემოს უსუნო, თეთრი ან თანავე მო- ყვითლო ფე- რის ქაფისმაგ- ვარი მასა. პე- რზე განიხილ- ვა, ხოლო CO ₂ - ის მოქმედებით იშლება	143-146	ხ	ხ	ხ	მხ	
ბუტობარბიტალი —5-ბუტილ-5-ეთილ ბარბიტურმავა		უსუნო, მოშა- ვო გემოს მქო- ნე, თეთრი კრი- სტალური ფხვინილი ან თეთრი მარცე- დები	—	1:250	1:1	1:3	1:10	—
ბენზონალი (ბენზობარბიტალი, 1-ბენზოილ-5-ეთილ- 5-ფენილბარბიტურ- მავა)		უსუნო, მწარე გემოს კრისტალური თეთრი ნოეოფერება	—	მხ	მხ	ხ	ხ	—

ბარბამილი წარმოადგენს 5-იზოამიდ-5-ეთილბარბიტურმჟავა ნატრიუმის მარილს (ნატრიუმის ამილობარბიტალი)

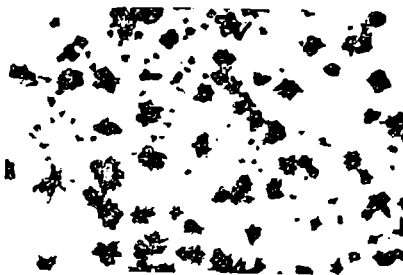


გამოიყენება დამაწყნარებელ და საძილე საშუალებად. დიდი რაოდენობით მიღებისას ავლენს ნარკოტიკული ზემოქმედების უნარს. ორგანიზმიდან განიდევენება უცვლელი ფორმით. თუმცა მაინც განიცდის ნაწილობრივ ბიოტრანსფორმაციას (≈45%-მდე). გარდაქმნის ერთ-ერთი პროდუქტია 5-ეთილ-5 (3-ჰიდროქსი 3-მეთილბუტილ)-ბარბიტურმჟავა, რომელიც ორგანიზმიდან განიდევენება თირკმლების მეშვეობით შარდთან ერთად.

ბარბამილის აღმოჩენა დისტილატში წარმოებს სპექტრული დაქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდებით.

ქლორცინკოიდთან რეაქციის მეთოდი. ქლოროფორმით გამოწოვების რამდენიმე წვეთს ათავსებენ სასაგნე მინაზე. აორთქლებენ სრულ ამოშრობამდე ოთახის ტემპერატურაზე. ნაშთს უმატებენ ქლორცინკოიდის ხსნარის¹ ერთ-ორ წვეთს. ბარბამილის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს მუქ-წითლად და იისფრად შეფერილი სწორკუთხა ფირფიტოვანი კრისტალების წარმოქმნას (სურ.1). რეაქცია არ არის სპეციფიკური. ასეთსავე რეაქციას იძლევა ნაერთები: ბუტობარბიტალი, ბარბიტალი, ეთამინალი.

¹ ქლორცინკოიდის ხსნარის მომზადება იხილეთ დამატებაში.



სურ. 1. ქლორცინკოიდთან ბარბიტალის ურთიერთქმედების პროდუქტი

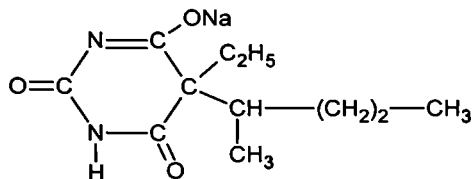
ბარბამილის აღმოჩენა უი-სპექტრით. ექსტრაქციული ხსნარის აორთქლებით მიღებულ მშრალ მათს უმატებენ 5 მლ წყალს. მიღებულ ხსნარს ფილტრავენ მინის ფილტრზე, უმატებენ ამიაკის 25 ხსნარის ერთ წვეთს ($\text{pH} \approx 10$) და იღებენ შთანთქმის სპექტრს. შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმი ბარბამილს გააჩნია 240 ნმ ტალღის სიგრძისას. ასეთივე შთანთქმის სპექტრი გააჩნია ნაერთებს: ბარბიტალს, ბუტობარბიტალს, ფენობარბიტალს, ციკლობარბიტალს, ეთამინალს. ხსნარზე მარილმჟავას 25 ხსნარის 1-2 წვეთის დამატებით 5-5 ჩანაცვლებული ბარბიტურატებისათვის შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმი ქრება (იკარგება). იგივე ხსნარზე NaOH-ის 45 ხსნარის 1-2 წვეთის დამატებით ($\text{pH} \approx 13$) ბარბამილის შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმი ფიქსირდება 255 ნმ-ზე.

იწ-სპექტრის უბანში ბარბამილის შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმებია 1745, 1716 და 1689 სმ^{-1} ტალღის სიგრძეებისას.

ბარბამილის აღმოჩენა შესაძლებელია აგრეთვე ქვემოთ ჩამოთვლილი მეთოდებით:

1. კობალტის მარილებთან და იზოპროპილამინთან ბარბამილი იძლევა იისფერ შეფერილობას.
2. ბარბამილზე გოგირდმჟავას მოქმედებით ნალექის სახით გამოიყოფა პრეპარატის მჟავა ფორმა; ნაწილაკებს აქვთ სფეროიდის სახით შეჯგუფული პრიზმული ან ფირფიტოვანი კრისტალების სახე. აღმოჩენის ზღვარი: 0.021 მგ სინჯში.
3. რკინის (III) ქლორიდის და კალიუმის იოდიდის ნარევეთან ბარბამილი იძლევა ყავისფერ ან ნარინჯისფერ-ყავისფერ კრისტალურ ნალექს. აღმოჩენის ზღვარი: 0.018 მგ სინჯში.
4. ბარბამილი მურექსიდთან გეაძლევს დადებით რეაქციას.

პენტალი (ნატრიუმის ეთამინალი, ნატრიუმის პენტობარბიტალი, ნემბუტალი)



ბარბამილის იზომერია. იგი წარმოადგენს თეთრი ფერის მწარე გემოს მქონე უსუნო კრისტალურ ნივთიერებას. წყალში კარგად იხსნება (იხ. ცხრ.2). წყალხსნარს აქვს ტუტე რეაქცია; დუღილისას და შენახვისას იშლება.

ნატრიუმის ეთამინალი ორგანიზმზე თავისი მოქმედებით ბარბამილის ანალოგიურია. თუმცა ორგანიზმში სწრაფი დაშლის გამო ხასიათდება ხანმოკლე მოქმედების უნარით; გამოიყენება როგორც საძილე საშუალება.

ეთამინალი ადვილად შეიწოვება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტით; განიცდის მეტაბოლიზმს ბარბიტურმეჟავას იზომერების და შარდოვანას წარმოქმნით. ნატრიუმის ეთამინალის აღმოჩენა წარმოებს ქიმიური, სპექტრული და ქრომატოგრაფიული მეთოდებით.

ნემბუტალის აღმოჩენა ქრომატოგრაფიული მეთოდით. სილიკაგელით დაფარულ ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე მონიშნავენ სტარტის ხაზს, რომელზეც ათავსებენ ქლოროფორმით ექსტრაქცირებული საკვლევი ნივთიერების ერთ წვეთს. მისგან მარჯვნივ, ორი სანტიმეტრის დაშორებით, სტარტის ხაზზე ათავსებენ ნატრიუმის ეთამინალის ფარმაცევტული პრეპარატის მეთილის სპირტზე დამზადებული 0.01%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს. ფირფიტაზე მოთავსებულ წვეთებს აშრობენ ჰაერზე, შემდეგ ათავსებენ გამხსნელის ორთქლით გაჯერებულ¹ ქრომატოგრაფიულ საკანში. მას შემდეგ, რაც გამხსნელთა სისტემა აიწეეს სტარტის ხაზიდან 10 სმ-ზე, ფირფიტას იღებენ საკნიდან, აშრობენ ჰაერზე, შემდეგ კი შეასხურებენ ქრომატოგრაფიულ ხსნარს². ფირფიტაზე დამატებით შეასხურებენ ევრცხლისწყლის (I) ნიტრატის ხსნარს. სინჯში ნემბუტალის არსებობის შემთხვევაში ქრომატოგრაფიული ფირფიტის ყვეთელ ფონზე შეინიშნება შავი ლაქები ($R_f = 0.58 - 0.62$).

ნემბუტალის აღმოჩენა იწ- და უი-სხივებით. ნემბუტალის აღმოჩენა უი-სხივებით წარმოებს ისევე, როგორც ბარბამილის შემთხვევაში; ამ შემთხვევაშიც შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმი ფიქსირდება 240 ნმ-ის მახლობლობაში. 1-2 წვეთი 26 გოგირდმეჟავას დამატებისას შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმი ქრება. NaOH-ის 46 ხსნარის 1-2 წვეთის დამატებით ($pH \approx 13$) მაქსიმალური შთანთქმის სპექტრი ხელახლა ფიქსირდება 240 ნმ-ის მახლობლობაში. იწ-სპექტრის უბანში ეთამინალის შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმი ფიქსირდება 1685, 1719 და 1744 სმ⁻¹-ზე.

ნატრიუმის ეთამინალის აღმოჩენა შესაძლებელია აგრეთვე ქვემოთ ჩამოთვლილი ფიზიკური და ქიმიური მეთოდებით:

1. მჟავა ფორმის ნემბუტალის ლღობის ტემპერატურაა 129,5°C.

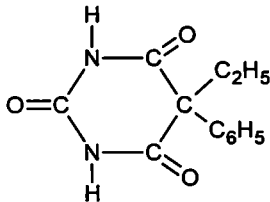
¹ ქლოროფორმი-ბენზოლი-აცეტონი თანაფარდობით - 70 15 : 15.

² 48.5 მლ მეთილის სპირტს უმატებენ 1.5 მლ დიეთილამინს და მიღებულ ხსნარში ხსნიან 0.25 გ უწყლო სპილენძის სულფატს.

2. ნემბუტალი ქლორცინკოიდთან იძლევა მისთვის დამახასიათებელ მურაყავისფერ პრიზმატულ კრისტალებს. აღმოჩენის ზღვარი: 4 მკგ ნემბუტალი სინჯში.
 3. იზოპროპილამინთან და კობალტის მარილებთან ნემბუტალი იძლევა იისფერ შეფერილობას.
 4. კობალტის მარილებთან და ტუტესთან ნემბუტალი იძლევა ვარდისფერ შეფერილობას.
 5. ნემბუტალზე კონცენტრირებული გოგირდმჟავას მიმატებით 10-15 წთ-ის შემდეგ გამოილეკება ნალექი პრიზმატული კრისტალების სახით. აღმოჩენის ზღვარი: 5 მკგ ეთამინალი სინჯში.
 6. რკინის (III) ქლორიდის და კალიუმის იოდიდის ნარევეთან ეთამინალი იძლევა ყავისფერ ან ნარინჯისფერ-ყავისფერ პრიზმის ფორმის კრისტალურ ნალექს. აღმოჩენის ზღვარი: 0.5 მკგ ეთამინალი სინჯში.
- ჩამოთვლილი რეაქციების შესრულების მეთოდებზე ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ.

ფ ე ნ ბ ა რ ბ ი ტ ა ლ ი

ფენობარბიტალი (ლუმინალი, ბარბინალი, სეტონალი)-5-ფენილ-5-ეთილბარბიტურმჟავა წარმოადგენს უსუნო, მომჟაო გემოს მქონე თეთრ კრისტალურ ფხვილს, ცუდად იხსნება წყალში, კარგად - სპირტში და ტუტე ხსნარებში.



ფენობარბიტალი მედიცინაში გამოიყენება, როგორც კრუნჩხვის საწინააღმდეგო და დამაწყნარებელი საშუალება; აგრეთვე ეპილეფსიის, ქოლერის და სხვა დაავადებების სამკურნალოდ.

ფენობარბიტალი სხვა ბარბიტურატებთან შედარებით ორგანიზმის მიერ შეიწოვება გაცილებით ნელა, რის გამოც ხასიათდება შედარებით ხანგრძლივი მოქმედებით ორგანიზმზე. ფენობარბიტალის ბიოტრანსფორმაცია ორგანიზმში ხორციელდება ერთდროულად რამდენიმე გზით. მეტაბოლიტებია: 5-ეთილ-5-ნიდროქსილფენილბარბიტურმჟავა, ნ-ოქსიფენილბარბიტურმჟავა, ო-ოქსიფენილბარბიტალი და ზოგიერთი სხვა ნაერთი.

ფენობარბიტალის ამოწევილება ბიომასალიდან წარმოებს შემჟავებული ორგანული გამხსნელების საშუალებით.

ფენობარბიტალის აღმოჩენა ქრომატოგრაფიული მეთოდით. ქრომატოგრაფიული მეთოდით ფენობარბიტალის აღმოჩენა ბარბამიდის აღმოჩენის ანალოგიურია.

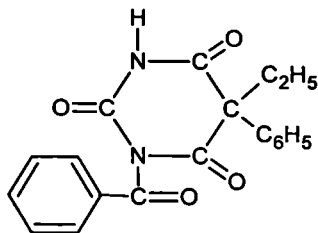
საკვლეე ნიმუშში ფენობარბიტალის აღმოჩენის სხვა მეთოდებიც არსებობს. ქვემოთ მოცემულია ზოგიერთი მათგანი:

1. ფენობარბიტალი რკინის მარილებთან და კალიუმის იოდიდთან იძლევა ყავისფერ ან ნარინჯისფერ-ყავისფერ პრიზმატული ფორმის კრისტალებს. აღმოჩენის ზღვარი: 4 მკგ ფენობარბიტალი სინჯში.

2. ფენობარბიტალის შემცველ სინჯზე კონცენტრირებული გოგირდმჟავას დამატებით ადგილი აქვს სფეროიდული ან ნემსისებრი ფორმის უფერო კრისტალების წარმოქმნას (მჟავა ფორმის ფენობარბიტალი). აღმოჩენის ზღვარი: 41 მკგ საძიებელი კომპონენტი სინჯში.
3. კობალტის მარილებთან და ტუტესთან ფენობარბიტალი იძლევა წითელ ან ვარდისფერ შეფერილობას.
4. საკვლევე ხსნარში ფენობარბიტალის აღმოჩენა შესაძლებელია მურეკსიდის რეაქციით.

ბ ე ნ ზ ო ნ ა ლ ი

ბენზონალი (ბენზობარბიტალი) – 1-ბენზოილ-5-ეთილ-5-ფენილბარბიტურმჟავა წარმოადგენს მწარე გემოს მქონე, უსუნო თეთრ კრისტალურ ნივთიერებას. წყალში იხსნება მცირე რაოდენობით, ცუდად – ეთილის სპირტში.



ქლოროფორმში, დიეთილეთერსა და დიეთილფორმაში ბენზონალი ხასიათდება კარგი ხსნადობით. ბენზოლი ფარმაცევტული დანიშნულების ნივთიერებებს მიეკუთვნება და გამოიყენება მედიცინაში როგორც კრუნჩხვის საწინააღმდეგო პრეპარატი ეპილესიისას. ფენობარბიტალისგან განსხვავებით არ ხასიათდება მკვეთრად გამოხატული ძილისმომგვრელი თვისებებით.

ორგანიზმში მოხვედრილი ბენზონალი საკმაოდ სწრაფად განიცდის ბიოტრანსფორმაციას. გარდაქმნის შედეგად მიიღება ფენობარბიტალი, ბენზოინის მჟავა, ო-ოქსიფენობარბიტალი და ზოგიერთი დაუდგენელი აღნაგობის სხვა ნივთიერება. ორგანიზმიდან განიდევნება თირკმლების გავლით შარდთან ერთად ძირითადად მეტაბოლიტების, ნაწილობრივ კი უცვლელი სახით.

ბენზონალის ამოწვდილვა ბიომასალიდან წარმოებს მჟავა გარემოში. ამ მიზნით 100 გ დაქუცმაცებულ ბიომასალას ათავსებენ 500 მლ ტევადობის ქიმიურ ჭიქაში, უმატებენ მარილმჟავას 15-20%-იანი ხსნარის 10 მლ-ს, კარგად აურევენ და უმატებენ 50 გ ამონიუმის სულფატს. ნარევის ხელახლა აურევენ და დაამატებენ ქლოროფორმის და ეთილის სპირტის ნარევის (1:1) 200 მლ-ს. ნარევის აყოვნებენ პერიოდული არევის პირობებში 2 სთ-ის განმავლობაში. ნარევის თხევად ფაზას გადმოწურავენ მკერივი ფილტრის ქაღალდზე; ფილტრს ჩარეცხავენ ქლოროფორმის და ეთილის სპირტის ნარევით. ფილტრატს და გამრეცხ სითხეს გადაიტანენ გამყოფ ძაბრში და აყოვნებენ ხსნართა განშრეგების მიზნით. გამყოფ ძაბრში განშრეგებულ ამონიუმის სულფატის ხსნარს გადაღვრიან, ხოლო ორგანულ გამხსნელებს აორთქლებენ სრულ გაშრობამდე. მშრალ ნაშთს ხსნიან 200 მლ ცხელ წყალში კარგი არევის პირობებში და ფილტრავენ. ფილტრატს აციევენ და უმატებენ 20 მლ ქლოროფორმს და მიღებულ ხსნართა ნარევის ანჯღრევენ 30-50 წთ-

ის განმავლობაში. ქლოროფორმით ექსტრაჰირებას იმეორებენ ორჯერ ახალ-ახალი ულუფა 15-15 მლ მოცულობის ქლოროფორმის გამოყენებით. ქლოროფორმიან გამონაწურებს აერთებენ, უმატებენ ფოსფატური ბუფერული ხსნარის¹ 10 მლ-ს ($\text{pH}=7.4$) და ანჯღრევენ 5 წთ-ის განმავლობაში. გამყოფ ძაბრში განშრეეებული ქლოროფორმის ფენას გაფილტრავენ ქლოროფორმით დასველებულ ფილტრის ქაღალდზე. ფილტრატს აგროვებენ 50 მლ-იან სასომ კოლბაში. კოლბას ჭდემდე შეავსებენ ქლოროფორმით და ინახავენ ბენზონალზე თვისებრივი და რაოდენობრივი ანალიზისათვის. ფოსფატური ხსნარის ფენას იყენებენ ფენობარბიტალზე და ბენზონის მუავაზე შესამოწმებლად. ამ მიზნით წყლიან ფაზას შეამყავებენ მარილმუავათი (1:1). შემყავების შემდეგ ხსნარის pH უნდა გახდეს 2-ის ტოლი². ფენობარბიტალის და ბენზონის მუავას ექსტრაჰირებას ახდენენ 10-10 მლ ქლოროფორმით.

ბენზონალის აღმოჩენა ქრომატოგრაფიული მეთოდით. 9×12 სმ ზომის ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე, რომელიც დაფარულია სილიკაგელის თხელი ფენით, აღნიშნავენ სტარტის ხაზს და მასზე ათავსებენ ქლოროფორმიანი გამონაწურის ერთ წვეთს, 2 სმ-ით მისგან მარჯვნივ - „მოწმე“ ხსნარის (ბენზონალის ფარმაცევტული პრეპარატის მეთილის სპირტზე დამზადებული 0.01%-იანი ხსნარი) ერთ წვეთს. ფირფიტაზე მოთავსებული წვეთებით მიღებულ ლაქებს აშრობენ ჰაერზე, შემდეგ ფირფიტას ათავსებენ გამხსნელების ორთქლით (ქლოროფორმი-ნ-ბუტანოლი-25%-იანი ამიაკიანი წყალი, ფარდობით 70 : 40)³ წინასწარ გაჯერებულ ქრომატოგრაფირების საკანში. როდესაც გამხსნელების ფრონტის ხაზი აიწევს სტარტის ხაზიდან 10 სმ-ზე, ფირფიტა გამოაქვთ საკნიდან, აშრობენ ჰაერზე და შემდეგ შეასხურებენ ქლოროფორმში დიფენილკარბაზიდის 0.02%-იანი ხსნარით, შემდეგ კი ევრცხლისწყლის სულფატი³. ბენზონალის არსებობის შემთხვევაში ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე შექმნილი ლაქა იღებს მოწითალო-იისფერ შეფერილობას. ფირფიტაზე ბენზონალის ლაქებისთვის $R_f = 0.40$. 0.45.

მიკროსკოპული ანალიზი. ბენზონალის აღმოჩენა შესაძლებელია წარმოქმნილი კრისტალების ფორმის მიხედვით. ამ მიზნით იღებენ ქლოროფორმიანი გამონაწურის ორ-სამ წვეთს, ათავსებენ სასაგნე მინაზე და ტოვებენ ჰაერზე სრულ აორთქლებამდე. მინაზე დარჩენილ მშრალ ნაშთს უმატებენ მეთილის სპირტის და კონცენტრირებული მარილმუავას ნარევის (1 : 1) ერთ წვეთს. სითხის წვეთს ზემოდან დააფარებენ მინას და აკვირდებიან მიკროსკოპის ქვეშ. სინჯში ბენზონალის არსებობის შემთხვევაში დაკვირვების არეში შეინიშნება რომისებრი კრისტალების ან მათგან წანაზარდების წარმოქმნა (სურ. 2).

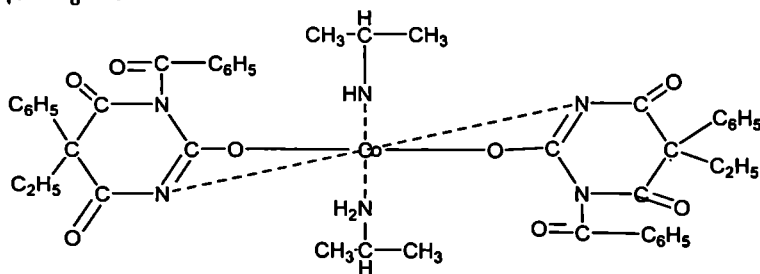
¹ ფოსფატური ბუფერული ხსნარის მომზადება იხილეთ დამატებაში.

² შემოწმება უნივერსალური ინდიკატორული ქაღალდით.

³ ევრცხლისწყლის სულფატის მომზადება იხილეთ დამატებაში.

სურ. 2. ბენზონალის კრისტალები

იზოპროპილამინთან რეაქცია. კობალტის მარილების თანაობისას ბენზონალი რეაგირებს იზოპროპილამინთან იისფერი შეფერილობის შიგაკომპლექსური ნივთის წარმოქმნით:



რეაქციის მსვლელობა. სინჯარაში ათავსებენ საყვარუდოდ ბენზონალის შემცველი ქლოროფორმის გამონაწურის 2 მლ-ს, უმატებენ ეთილის სპირტში კობალტის აცეტატის 0.1%-იანი ხსნარის 0.3 მლ-ს და ეთილის სპირტში გახსნილი იზოპროპილამინის 5%-იანი ხსნარის 1 მლ-ს. იისფერი შეფერილობის მიღება მიუთითებს საკლდე ობიექტში საყვარუდოდ ბენზონალის არსებობაზე.

რეაქცია არ არის სპეციფიკური და ანალოგიურ შედეგს იძლევა ბარბიტურმჟავას სხვა წარმოებულები.

იზოპროპილამინის ნაცელად კალიუმის პიდროქსიდის გამოყენების შემთხვევაში ბენზონალის შემცველი ხსნარი იღებს მოლურჯო-იისფერ შეფერილობას. რეაქციის განხორციელებას ხელს უშლის წყალი. ამიტომ საჭიროა სპირტხსნარის დასამზადებლად გამოვიყენოთ აბსოლუტური სპირტი.

ტუტე ხსნარიდან ქლოროფორმით ექსტრაჰირებადი ნივთიერებების ტოქსიკოლოგიური ზემოქმედება, მისი აღმოჩენა და განსაზღვრა. ტუტე ხსნარებიდან ქლოროფორმით ექსტრაჰირებადი და ამჟღავნებლად ტოქსიკოლოგიური ზემოქმედების მქონე ნივთიერებების ჯგუფს მიეკუთვნებიან: ალკალოიდები, ალკალოიდების ბაზაზე მიღებული სინთეზური ნივთიერებები და ზოგიერთი სხვა პრეპარატი.

ალკალოიდების ქვეშ იგულისხმება რთული შედგენილობის აზოტშემცველი ორგანული ფუძეები, რომლებიც ძლიერი ფარმაცოლოგიური მოქმედებით

ხასიათდება. ალკალოიდები მზა სახით ძირითადად მცენარეულ ორგანიზმებში გვხვდება, იშვიათად – ცხოველთა ორგანიზმებში. ალკალოიდები ხასიათდებიან ცენტრალური ნერვული სისტემის ამა თუ იმ ნაწილზე ზემოქმედებით, რის გამოც მათ ფართო გამოყენება აქვთ მრავალი სხვადასხვა დანიშნულების სამკურნალო პრეპარატის დასამზადებლად.

ფიზიოლოგიურ ეფექტს იწვევს მათი უაღრესად მცირე რაოდენობით მიღება, რის გამოც მრავალი მათგანი ცალკეულ შემთხვევაში გვევლინება როგორც ძლიერმოქმედი და შხამიანი ნივთიერება; ბევრი მათგანი მიეკუთვნება ნარკოტიკულ ნივთიერებათა რიცხვს. მათი განმეორებით მიღებისას სწრაფად ვითარდება პრეპარატისადმი ავადმყოფური მისწრაფება, რაც კიდევ უფრო ზრდის ალკალოიდებისადმი სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ინტერესს. ალკალოიდები სასამართლო - ქიმიური ექსპერტიზის სფეროში განსახილველი აღნაგობის მიხედვით იყოფიან შემდეგ ჯგუფებად:

1. პირიდინის წარმოებულები;
2. ტროპანის წარმოებულები;
3. ქინოლინის წარმოებულები;
4. იზოქინოლინის წარმოებულები;
5. ინდოლის წარმოებულები.

ალკალოიდების საკმაოდ დიდ ჯგუფს შეიცავს ყაყაჩოს თავიდან რძისფერი სითხის გამოშრობით მიღებული ფხენილი, რომელიც ოპიუმის სახელით არის ცნობილი. ოპიუმი შეიცავს 30-მდე დასახელების ალკალოიდს. ყაყაჩოს ჯიშისა და კულტივების ბუნებრივი პირობების მიხედვით ოპიუმში ალკალოიდების შემცველობა იცვლება ფართო დიაპაზონში – 2-3-დან 15-20%-მდე. ოპიუმში ძირითადად ჭარბობს ალკალოიდები: მორფინი, კოდეინი, ნარკოტინი, პაპავერინი და ზოგიერთი სხვა.

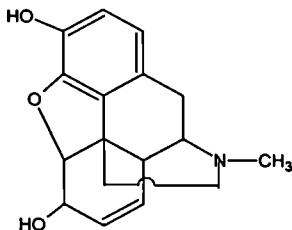
ალკალოიდები ფუძე თვისების მქონე ფიზიოლოგიურად აქტიური აზოტშემცველი ნაერთებია. აქვთ რთული აღნაგობა. მოლეკულაში შემავალი აზოტი მეტწილად იმყოფება ციკლში მყოფი პეტეროატომის ფორმით. ალიფატურ ნაწილში აზოტი გვხვდება იშვიათად (მაგ. ეფედრინში). ალკალოიდების უმრავლესობა კრისტალური ნივთიერებებია (იშვიათად თხევადი). მათგან მხოლოდ ზოგიერთი იხსნება წყალში. ალკალოიდების დიდი ნაწილი იხსნება სპირტში, ეთერში, ბენზოლში და სხვა ორგანულ გამხსნელებში. მყარი ალკალოიდების ხსნარებს აქვთ მწარე გემო. თხევადს – მშუშხავი. ნახშირბადის, წყალბადის და აზოტის გარდა ალკალოიდების შედგენილობაში ხშირად შედის ჟანგბადი და გოგირდი. უმრავლესი მათგანი წყალხსნარებში ხასიათდება ტუტე რეაქციით.

ალკალოიდების უმრავლესობა ძლიერი შხამებია. ზოგი მათგანი იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის აგზნებას, ზოგიერთი მოქმედებს პერიფერიულ ნერვულ სისტემაზე, ხშირად – მგრძნობიარე პერიფერიულ ნერვულ დაბოლოებებზე (კოკაინი, ნოვოკაინი და მათი შემცველები). ზოგიერთი ალკალოიდი მოქმედებს ევგებატურ ნერვულ სისტემაზე ან ცვლის მათ უნარს, უპასუხონ გაღიზიანებას. ოპიუმის ჯგუფის ზოგიერთი ალკალოიდი ხასიათდება ტკივილგამაყუჩებლობის უნარით.

განვიხილავთ ტოქსიკოლოგიური თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვან ზოგიერთ ალკალოიდს.

მორფინი ($C_{17}H_{19}O_3N$)

მორფინი ოპიუმში შემავალი ალკალოიდების ერთ-ერთი ძირითადი წარმომადგენელია და მიეკუთვნება ფენანტრენიზოქინოლინური ჯგუფის ალკალოიდებს.



წყალთან იძლევა კრისტალჰიდრატს ($C_{17}H_{19}O_3N \cdot H_2O$). $128^{\circ}C$ -ზე მთლიანად კარგავს კრისტალიზაციურ წყალს, $254^{\circ}C$ -ზე ღლეება დაშლით. ეაკუუმის ქვეშ ღულს $192^{\circ}C$ -ზე.

მორფინი ცუდად იხსნება წყალში (ცივში 1 : 7630); ბენზოლში (1 : 1600), ქლოროფორმში (1 : 1525), კიდეც უფრო ცუდად – წყლით გაჯერებულ ეთერში (1 : 10 600); შედარებით კარგად იხსნება ამილის სპირტში (1 : 113), კიდეც უფრო კარგად – სპირტში (ცივში – 1 : 30, მდულარეში – 1 : 13).

მორფინი ხასიათდება ძლიერი ტუტე თვისებით. მისი წყალხსნარი ალურჯებს ლაკმუსს. ტუტე თვისებები განპირობებულია არა ბენზოლის ბირთვთან მიერთებული OH -ჯგუფით, არამედ $>N-CH_3$ ჯგუფით. მჟავებთან იძლევა კრისტალური ფორმის მარილებს, ასე, მაგ., მარილმჟავასთან იძლევა თეთრ ბრწყინავ კრისტალებს ($C_{17}H_{19}O_3N \cdot HCl \cdot 3H_2O$), რომლებიც კარგად იხსნება წყალში (1 : 25). სპირტში მისი ხსნადობა დაბალია (1 : 50).

მორფინის პიდროკლორიდი მედიცინაში გამოიყენება როგორც ტკივილგამაყუჩებელი საშუალება. ტკივილგამაყუჩებელ პრეპარატებს შორის იგი ერთ-ერთი ყველაზე ძლიერია.

მორფინი იწვევს ეიფორიას. განმეორებით მიღებისას სწრაფად ვითარდება მისადმი მისწრაფება (მორფინიზმი). ცნობილია ფაქტები, როდესაც მორფინის მწარმოებელ მუშებში განვითარდა ზედმეტი მგრძნობელობა ამ პრეპარატისადმი. ზედმეტი მგრძნობელობა ვლინდება ასთმურ მოვლენებში, ეგზემაში, აგზნებაში, ციებ-ცხელებით, პირის და საყლაპავი მილის სიმშრალეში, სახეზე და შემდეგ მთელ სხეულზე გამონაყარში.

ორგანიზმში მოხვედრისას მორფინი განიცდის გარდაქმნას სხვადასხვა გზებით. მეტაბოლიტების სახით მიიღება გლუკონორიდები (გლუკოზონის მჟავას წარმოებული) და დიოქსიმორფინი. მორფინის დაახლოებით 10% ორგანიზმიდან განიდევენება უცვლელი სახით შარდთან ერთად. მიღებული პრეპარატის 75% ორგანიზმიდან განიდევენება პირველი 24 სთ-ის განმავლობაში, დანარჩენი – 7-10 დღის განმავლობაში.

მორფინის იზოლირება ბიომასალიდან დაკავშირებულია მთელ რიგ სირთულეებთან. ესენია: წყალში და სასამართლო-ქიმიური ანალიზისთვის გამოყენებულ ორგანულ გამხსნელებში მორფინის ცუდი ხსნადობა, მეტაბოლიზმი როგორც ცოცხალ ორგანიზმში, ისე გეამში, ცილის მოლეკულასთან მტკიცე შეკავშირების უნარი, ბიომასალიდან მორფინის ამოწვლილებისთვის საჭირო ოპერაციების სიმრავლე და სხვ. ყოველივე ეს ხელს უწყობს ბიომასალაში არსებული მორფინის

უდიდესი ნაწილის დაკარგვას სასამართლო-ქიმიური ანალიზის მსვლელობისას. ზოგიერთი ავტორის მონაცემით [7] ეს დანაკარგები აღწევს 97-98,5%-ს. ამრიგად ბიომასალიდან მორფინის ამოწვდილის ხარისხი 3%-ს არ აღემატება. შესაბამისად, სასამართლო-ქიმიური ანალიზით ექსპერტ-ქიმიკოსს შეუძლია ბიომასალაში არსებული მორფინის მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობის აღმოჩენა.

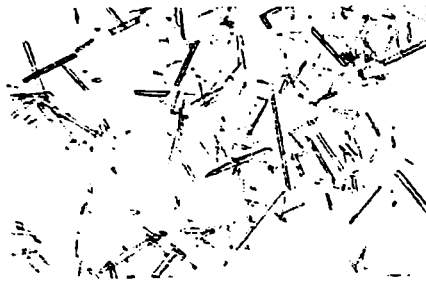
ბიომასალიდან მორფინის იზოლირებისთვის რეკომენდებულია როგორც შემჟავებული (მჟავუნმჟავათი) სპირტი, ისე შემჟავებული (მჟავუნმჟავათი ან გოგირდმჟავათი) წყალი. მათ შორის უპირატესობა კმლევა გოგირდმჟავათი შემჟავებულ წყალს.

მორფინის აღმოჩენა

ექსტრაქციულ ხსნარში მორფინის განსაზღვრისთვის გამოყენებულია როგორც საერთო-ალკალოიდური, ისე ინდივიდუალური განსაზღვრის მეთოდები. ქვემოთ განხილულია მათგან ყველაზე უფრო ხშირად გამოყენებული მეთოდი.

ჯგუფური დამლექი რეაქტივით მორფინის აღმოჩენა. ორფინის, როგორც ალკალოიდების ჯგუფის წარმომადგენლის არსებობა საკელეე ობიექტში შეიძლება დადგინდეს ალკალოიდების ჯგუფური დალექვის რეაქციით. ჯგუფური დალექვის რეაქტივებს მიეკუთვნებიან: ბუშარდის, დრაგენდორფის, მაიერის, ზონენშეინის, შეიბლერის, ბერტრანის რეაქტივები, პლატინაქლორწყალბადმჟავა და ზოგიერთი სხვა რეაქტივი. მათი გამოყენება დამყარებულია ალკალოიდის, როგორც ფუძის თვისებაზე, თუნდაც ძლიერ განზავებულ ხსნარებში მოგეცეს, მარტივი ან კომპლექსური უხსნადი მარილები მჟავებთან, მძიმე ლითონებთან, კომპლექსურ იოდ- და ქლორიონებთან და ზოგიერთ სხვა ნივთიერებასთან.

ანალიზის მსვლელობა. სამ სხვადასხვა სასაგნე მინაზე ათავსებენ ქლოროფორმით გამონაწვდილის სამ-სამ წვეთს და აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე. მიღებულ მშრალ ნაშთს ხსნიან ორ-ორ წვეთ 0,01 ნ მარილმჟავაში და ხელახლა აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე. თითოეულ მშრალ ნაშთს ხსნიან თითო წვეთ გამოსხილ წყალში. მიღებული ხსნარების გვერდით, მინის წკირის დახმარებით ათავსებენ ამა თუ იმ ჯგუფური დამლექის თითო წვეთს. ხსნარების შეხების ადგილზე აკვირდებიან ნალექის ან სიმღვრივის წარმოქმნას. თვალსაჩინოების გაზრდის მიზნით უმჯობესია სასაგნე მინა მოვათავსოთ ქაღალდზე ან ვაწარმოთ მიკროსკოპის ქვეშ დაკვირვება. ნალექის ან სიმღვრივის წარმოქმნა მიუთითებს ალკალოიდის ან აზოტშემცველი სხვა რომელიმე ორგანული ნაერთის არსებობაზე საკელეე სინჯში.



სურ. 3. ბორფინის იოდკადმატის კრისტალები

იმის გასარკვევად, თუ კონკრეტულად რა ნივთიერებასთან გვაქვს საქმე, ქიმიკოს-ექსპერტს ევალება ანალიზის შემდგომი მსვლელობისას კვლევის განსაკუთრებული მეთოდის გამოყენება. პირიქით, საერთო ალკალოიდურ დამლექ რეაქტივებთან სიმღერივის ან ნალექის არწარმოქმნისას, ქიმიკოს-ექსპერტს უფლება ეძლევა ბორფინის ან სხვა ალკალოიდის შემცველობაზე კვლევა შეწყვიტოს და გააკეთოს დასკვნა, რომ გამოკვლევის გარკვეული მეთოდების გამოყენებით მის მიერ ვერ იქნა აღმოჩენილი ალკალოიდი ან სხვა ისეთი ორგანული ნივთიერება, რომელიც ნალექს ან სიმღერივს მოგეცემდა ჯგუფურ დამლექ რეაქტივთან.

დამლექი რეაქტივის მგრძნობიარობა სხვადასხვა ალკალოიდის მიმართ ერთნაირი არ არის. მათ შორის პირველ ადგილზე დგას ფოსფორფორამის მჟავა (შეიბლერის რეაქტივი), შემდეგ ფოსფორმობილდენმჟავა (ზონენშეინის რეაქტივი), ბისმუტის იოდიდის ხსნარი, კალიუმის იოდდი (დრაგენდორფის რეაქტივი), იოდის ხსნარი, კალიუმის იოდდი (ბუშარდის რეაქტივი) და ა.შ. ზოგიერთი საერთო ალკალოიდური რეაქტივის მგრძნობიარობა ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვანი ალკალოიდების მიმართ მოცემულია მე-3 ცხრილში.

მიღებულია, რომ საერთო ალკალოიდურ რეაქციას მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ უარყოფითი რეაქციის შემთხვევაში, რომლის დროსაც ცალსახად შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა იმის შესახებ, რომ საკვლეე ობიექტში ალკალოიდი ვერ იქნა აღმოჩენილი.

ალკალიფური დასახელება	რ ე ა ქ ტ ი ვ ი						
	ბუზარდის რეაქტი	Bil/KI-ის ხანარი (დრეგენდორფის რეაქტი)	Hg ₂ /KI-ის ხანარი (მაიერის რეაქტი)	ფოსფორმოდენ- გევა H ₃ PO ₄ ·12MnO ₄ ·2H ₂ O (სონენგუინის რეაქტი)	ფოსფორმოდენ- გევა H ₃ PO ₄ ·12WO ₃ ·2H ₂ O (უიბლერის რეაქტი)	კაუზადორფის გევა 12WO ₃ ·5SiO ₂	პირინგევა C ₆ H ₄ (OH)(NO ₂) ₂
1	2	3	4	5	6	7	8
აქონიტი	1 22 000	1 11 000	1 128 000	—	1 400 000	1 45 000	ნალექს არ იძლევა
აკომორფინი	1 10 000	1 20 000	1 100	—	—	—	—
ატროპინი	1 8 000	1 4 000	1 1450	1 4 000	1 1000	1 40 000	1 200
ბრუცინი	1 65 000	—	1 50 000	1 1 000 000	1 500 000	1 160 000	—
კოდეინი	1 100 000	1 60 000	—	1 50 000	1 12 000	1 35 000	1 600
კოკაინი	1 100 000	1 16 000	—	1 50 000	1 1 000 000	1 200 000	1 1500
მორფინი	1 100 000	1 16 000	1 2500	1 33 000	1 500 000	1 12 000	ნალექს არ იძლევა
ნარკოტიკი	1 50 000	1 40 000	1 50 000	1 : 400 000	1 200 000	1 125 000	1 400
ნიკოტინი	1 : 1 000	1 : 40 000	1 : 15 000	1 : 40 000	1 : 600 000	1 500 000	1 : 1000
პასკევინი	1 10 000	—	—	—	1 200 000	—	—
პილიპარპინი	1 25 000	—	1 60 000	—	1 200 000	—	1 700
სტრიქინი	—	1 400 000	1 100000	—	1 600 000	1 300 000	1 9000

მორფინის აღმოჩენა კოლორიმეტრიული მეთოდით. მორფინის, ისევე როგორც ბევრი სხვა ალკალოიდის აღმოჩენას შეფერვის რეაქციით, მეტწილად საფუძვლად უდევს პროცესები: 1) ალკალოიდების დაჟანგვა; 2) ალდეჰიდებთან კონდენსაცია წყალამრთმევი ნივთიერებების თანხლებისას; 3) წყლის ქიმიური ათმევა; 4) ალკალოიდის ერთდროულად დაჟანგვა და წყლის ათმევა. შეფერვის რეაქციის მრავალი ქიმიზმი ჯერ კიდევ შესწავლილი არ არის.

მორფინის და სხვა ალკალოიდების აღმოჩენი რეაქტივები მიეკუთვნებიან ქიმიური ნაერთების სხვადასხვა კლასებს. გამოყენებულია როგორც ორგანული, ისე არაორგანული წარმოშობის რეაქტივი.

შეფერვის რეაქციით მორფინის აღმოსაჩენად გამოყენებულია კონცენტრირებული აზოტმევა, მენდელის, მარკის, ფრედეს და ერდმანის რეაქტივები. მორფინის აღმოჩენის მიზნით ტუტე ხსნარიდან ქლოროფორმით გამონაწურის ორ-ორ მლ-ს ათავსებენ ხუთ სხვადასხვა ფაიფურის ჯამში და აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე. მიღებულ მშრალ ნაშთზე ათავსებენ რეაქტივის თითო წვეთს (თითოეულ ჯამზე ზემოთ დასახელებული ერთი რომელიმე რეაქტივის წვეთს). დადებითი რეაქციის შემთხვევაში ატარებენ საკონტროლო ცდას სუფთა პრეპარატზე. მორფინის და ზოგიერთი სხვა ალკალოიდის რეაქცია ამა თუ იმ რეაქტივზე მოცემულია მე-4 ცხრილში.

მორფინის აღმოჩენა პელაგრის რეაქციით. კონცენტრირებულ მარილმჟავასთან ან კონცენტრირებულ გოგირდმჟავასთან გაცხელებით მორფინი გადადის აპომორფინში, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ე.წ. პელაგრის რეაქცია. რამდენადაც მორფინის აღმოსაჩენად საჭიროა მისი წინასწარი გადაყვანა აპომორფინში, ანალიზის მსვლელობა გარკვეულწილად განსხვავდება პელაგრის რეაქციით აპომორფინის განსაზღვრისგან.

ანალიზის მსვლელობა. სინჯარაში შეაქეთ ქლოროფორმიანი გამონაწურის რამდენიმე წვეთი და აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე სრულ აპომორფინამდე. მშრალ ნაშთს უმატებენ კონცენტრირებული მარილმჟავას 1-2 წვეთს. მშრალი ნაშთის გახსნის შემდეგ სინჯარაში შეაქეთ კონცენტრირებული გოგირდმჟავას 1-2 წვეთი და ნარევის აცხელებენ წყლის აბაზანაზე მარილმჟავას სრულ აორთქლებამდე. ამის შემდეგ ხსნარს ტოვებენ წყლის აბაზანაზე კიდევ 15 წუთს, შემდეგ აცივებენ და უმატებენ 2-3 მლ წყალს. ნალექის გამოყოფის შემთხვევაში (გახსნის მიზნით) უმატებენ რამდენიმე მილილიტრ განზავებულ მარილმჟავას. მიღებულ ხსნარს ანეიტრალევენ ნატრიუმის კარბონატის 10%-იანი ხსნარით $pH=6-7$ -მდე და უმატებენ იოდის სპირტხსნარის 2-3 წვეთს. სინჯში მორფინის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს ხსნარის მწვანედ შეფერვას. 0,5-1,0 მლ დიეთილეთერის მიმატებით და შენჯღრევით წყლის ფენის მწვანე შეფერილობა არ იცვლება, ხოლო დიეთილეთერის ფენა ღებულდება მეწამულ-წითელ ფერს. ჭარბი იოდის დამატება ხელს უშლის რეაქციას, რადგან იგი იწვევს რეაქციის საბოლოო პროდუქტის შენიღბვას. პელაგრის რეაქციას იძლევიან აგრეთვე ნივთიერებები: კოდეინი, დიაცეტილმორფინი, აპომორფინი, ეთილმორფინი და სხვ.

ტომსიკოლოგიური მნიშვნელობის შემთხვევის რამაქციები ზოგადი რამაქციის მიხედვით

ცხრილი 4

№	ალკალიდი	რამაქციები ურთიერთქმედების შედეგი					მანდელის რამაქცი	მარკის რამაქცი
		კონცენტრირებული გუბირდმაქცია	კონცენტრირებული აზოტმაქცია	ერდმანის რამაქცი	ურდეს რამაქცი	7		
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	ამომორფი	—	ისევერ-მერა წითელი	წითელი	მდურიე გვან-ბურჯი	მოლურჯო მუკანე	ისევერი-მუქი მუკანე	
2	აბრონი	—	—	—	—	—	—	
3	ბრუნი	—	სისხლისვერ-წითელი- -ბარინჯისვერ-ყვითელი	წითელი- -ყვითელი	წითელი- -ყვითელი	წითელი- -ყვითელი	—	
4	ვერბატონი	ყვითელი- -ბარინჯისვერი-წითელი- -მომადფრო-წითელი	ყვითელი- -ბარინჯისვერი-წითელი- -მომადფრო-წითელი	ყვითელი- -ბარინჯისვერი- -წითელი- -მომადფრო- -წითელი	ალბულისვერ- წითელი	ალბულისვერ- წითელი	ალბულისვერ- წითელი	
5	პერიონი	—	—	—	ისევერი-ლურჯი- -მდურიე-მუკანე- -ყვითელი	ისევერი	წითელი- ისევერი	
6	დონი	—	—	—	წიან- ლურჯი	მუკანე	ლურჯი- მომადფრო ისევერი	
7	კონი	—	—	—	მუკანე- მომადფრო	მუკანე- მომადფრო	მუკანე- მომადფრო	

რეაქცია იოდოფანმჟავასთან. იოდოფანმჟავასთან მორფინის ურთიერთქმედებით გამოიყოფა თავისუფალი იოდი, რომელიც ქლოროფორმს აძლევს იისფერ შეფერილობას. ასეთასვე რეაქციას იძლევა ქლოროფორმთან გამონაწურში ბიომასალიდან გადასული ზოგიერთი მინარევი, ამიტომ HIO_3 -თან რეაქცია შეიძლება გამოყენებით სამკურნალო ნივთიერებაში ან პრეპარატში მორფინის აღმოსაჩენად, ასევე კარგად – ბიომასალის კარგად გაწმენდილ გამონაწურში.

მორფინის განსაზღვრა ქრომატოგრაფიული მეთოდით ქრომატოგრაფიული ფირფიტის¹ სტარტის ხაზზე ათავსებენ ქლოროფორმიანი გამონაწურის 1-2 წვეთს. მისგან მარჯვნივ და ასევე სტარტის ხაზზე ქლოროფორმში მორფინის 0.01%-იანი ხსნარის („მოწე“ ხსნარი) ერთ წვეთს. ფირფიტა ქრომატოგრაფირებისთვის შეაქვთ გამხსნელობის ორთქლით გაჯერებულ საკანში. გამხსნელად გამოყენებულია ეთერის, აცეტონის და 25%-იანი ამიაკის ნარევი ფარდობით 40 : 20 : 2. საკანს მჭიდროდ დახურავენ და მას შემდეგ, რაც გამხსნელთა სისტემა აიწეეს 10 სმ-ით სტარტის ხაზიდან. ფირფიტა გამოაქვთ საკნიდან, აშრობენ მაკერზე და დანამავენ მურიოს მიერ მოდიფიცირებული დრაგენდოფის რეაქტივით². მორფინის არსებობის შემთხვევაში ფირფიტაზე მოთავსებული წვეთების ლაქები იღებს მოვარდისფრო-მურა შეფერილობას ($\text{RF} = 0,18 \pm 0,01$). აღმოჩენის ზღვარი: 10 მკგ სინჯში.

საექტრული ანალიზით მორფინის აღმოჩენა. მორფინის ხსნარს ეთილის სპირტში შთანთქმის მაქსიმუმი უი-სხივების არეში აღენიშნება 287 ნმ ტალღის სიგრძეზე. ნატრიუმის პიდროქსიდის 0.1 გ ხსნარში – 250 და 296 ნმ-ზე, გოგირდმჟავის 0.1 გ ხსნარში – 284 ნმ-ზე, ხოლო მორფინის სულფატის და პიდროქლორიდის წყალხსნარებს – 285 ნმ-ზე.

ოქსექტრის არეში მორფინის ფუძისთვის პიკები აღინიშნება 805, 945, 1243 და 1448 სმ⁻¹-ზე.

მორფინის რაოდენობრივი განსაზღვრა ფოტოკოლორიმეტრიული მეთოდით. მორფინის რაოდენობრივი განსაზღვრისთვის სასამართლო-ქიმიურ პრაქტიკაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ფოტოკოლორიმეტრიულ მეთოდს. მეთოდი დამყარებულია იმაზე, რომ კაუშიწა მოლიბდენმჟავასთან მორფინის ურთიერთქმედებით ხსნარი იღებს ლურჯ შეფერილობას.

ანალიზის მსვლელობა. 25 მლ ტეფადობის საზომ კოლბაში შეაქვთ K_2SiO_3 -ის 0.11%-იანი ხსნარის 3 მლ, 4 მლ გამოხდილი წყალი, მარილმჟავას 0.5 გ ხსნარის 2 მლ და ამონიუმის მოლიბდატის 5%-იანი ხსნარის 2 მლ. 3 წთ-ის შემდეგ ხსნარს უმატებენ გამოსაყვლევი ხსნარის 2 მლ-ს და ამიაკის 6%-იანი ხსნარის 5 მლ-ს. 10 წთ-ის შემდეგ კოლბას ავსებენ გამოხდილი წყლით ჭდემდე. ოპტიკური სიმკვრივის განსაზღვრას ახდენენ წითელი შუქფილტრით 3 მმ-იანი კიუვეტში. შესადაგრებული ხსნარის მოსამზადებლად 25 მლ-იან საზომ კოლბაში ან მიმღევრობით ათავსებენ კალიუმის სილიკატის 0.11%-იანი ხსნარის 3 მლ-ს, მარილმჟავას 0.5 გ ხსნარის 2 მლ-ს, ამონიუმის მოლიბდატის 5%-იანი ხსნარის 2 მლ-ს, ამიაკის 6%-იანი ხსნარის 5 მლ-ს და 13 მლ გამოხდილ წყალს.

საკალიბრებელი მრუდის ასაგებად ხსნარის მომზადება ხდება განხილული მეთოდის ანალოგიურად იმ განსხვავებით, რომ საკვლევი ხსნარის ნაცვლად 25 მლ-იან საზომ კოლბაში შეაქვთ შესაბამისად სტანდარტული ხსნარის 0.1; 0.5; 0.8; 1.0; 1.5 და 2.0 მლ. მორფინის სტანდარტული ხსნარის კონცენტრაცია შეადგენს 2 გ/ლ-ს.

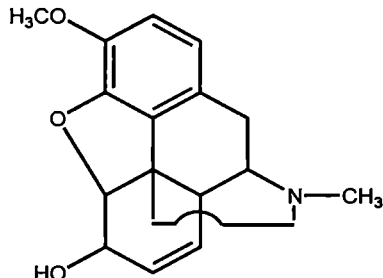
ფოტოკოლორიმეტრიული მეთოდით მორფინის განსაზღვრის მინიმალური რაოდენობა შეადგენს 0.2 მკგ-ს სინჯში.

¹ ქრომატოგრაფიული ფირფიტის მომზადება იხილეთ დამატებაში.

² ხსნარის მომზადება იხილეთ დამატებაში.

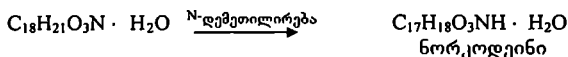
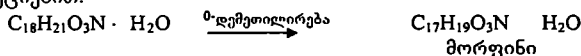
კოდეინი

კოდეინი (მეთილმორფინი, მორფინის მონო-მეთილეთერი) მორფინის წარმოებულია, შედის ზოგიერთი ჯიშის ყაყაოსგან მიღებულ ოპიუმში (0.2 - 2%). იგი წარმოადგენს უსუნო, მწარე გემოს მქონე თეთრ კრისტალურ ფხენილს. ღაფევა 155°C-ზე. ცივ წყალში ცუდად იხსნება (1 : 120), ცხელში (80° C-ზე) - გაცილებით უკეთესად (1 : 60). კარგად იხსნება ეთილის სპირტში (1 : 2), ქლოროფორმში (1 : 2), დიეთილეთერში (1 : 50). კოდეინის არაროგანულ მჟავებთან ნაწარმები კარგად იხსნებიან წყალში; ცუდად - ორგანულ გამხსნელებში.



კოდეინი მედიცინაში გამოიყენება როგორც თავისუფალი სახით, ისე მისი ფოსფატი. ორგანიზმზე მოქმედებით ახლოს დგას მორფინთან. თუმცა მორფინთან შედარებით ტკივილგამაყუჩებლობის უნარი ელინდება გაცილებით სუსტად. მორფინთან შედარებით ნაკლებად ტოქსიკურია, თუმცა ხშირი მიღებისას შესაძლებელია განვითარდეს მისადმი სწრაფვა.

ორგანიზმში მოხედრილი კოდეინის მეტაბოლიზმი სხედასხვა გზით მიმდინარეობს. მისი ნაწილი განიცდის ო-დემეთილირებას, ნაწილი - N-დემეთილირებას, შესაბამისად - მორფინის და ნორკოდეინის წარმოქმნით შემდეგი რეაქციებით:



კოდეინის მნიშვნელოვანი ნაწილი, ისევე როგორც პირველადი ბიოტრანსფორმაციის შედეგად მიღებული მორფინი და ნორკოდეინი, უკავშირდება გლუკურონის მჟავას და გამოიყოფა ორგანიზმიდან გლუკურონიდების სახით შარდთან ერთად.

კოდეინის უმნიშვნელო ნაწილი ვერ ასწრებს მეტაბოლიტურ გარდაქმნას და ორგანიზმიდან განიდევენება ასევე შარდთან ერთად.

კოდეინის იზოლირება ბიომასალიდან და მისი აღმოჩენა

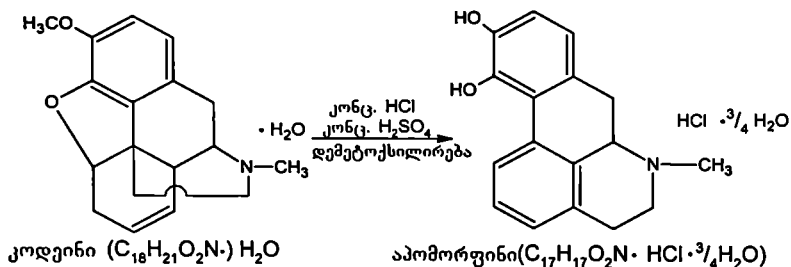
კოდეინის იზოლირება ბიომასალიდან წარმოებს რამდენადმე მარტივად მორფინთან შედარებით. მორფინისგან განსხვავებით კოდეინის ექსტრაქცია წყალხსნარიდან წარმოებს ორგანული გამხსნელების მეშვეობით. ამ მიზნით გამოხდილ წყალში ფაფად ქცეულ ბიომასალას გაწურავენ მარლაში, გამოწურს უმატებენ 20%-იანი ხსნარის 2-3 მლ-ს და ახდენენ ექსტრაქციას რომელიმე ორგანული გამხსნელით.

კოდეინის აღმოჩენა ალკალიდების ჯგუფური დაღეკვის რეაქტივებით. კოდეინის როგორც ალკალიდების ჯგუფის წარმომადგენლის აღმოჩენა შესაძლებელია დრაგენდორფის, ბუშარდის, მაიერის და ზოგიერთი სხვა რეაქტივით. აღნიშნულ რეაქტივებთან კოდეინის ურთიერთქმედებით წარმოიქმნება

ნალექი (იხ. ცხრ. 3). განსაკუთრებით მგრძნობიარეა კოდინის რეაქცია ბუშარდის რეაქციებთან (1 1000000).

კოდინის აღმოჩენა შეფერვის რეაქციით. მანდელინის, მარკის და ფრედეს რეაქტივებთან კოდინის ურთიერთქმედებით ადგილი აქვს შეფერილი პროდუქტების მიღებას (იხ. ცხრ. 3).

კოდინის აღმოჩენა პელაგრის რეაქციით. კოდინზე კონცენტრირებული მარილმჟავას, შემდეგ კი კონცენტრირებული გოგირდმჟავას ურთიერთქმედებით ადგილი აქვს დემეტოქსილირების რეაქციას აპომორფინის წარმოქმნით,



რომლისთვისაც დამახასიათებელია პელაგრის რეაქცია.

კოდინის აღმოჩენა ქრომატოგრაფიული მეთოდით. ქრომატოგრაფიული ფირფიტის სტარტის ხაზზე ათავსებენ ქლოროფორმიანი გამონაწერი ხსნარის ერთ წვეთს. მისგან მარჯვნივ 2 სმ დაშორებით სტარტის ხაზზე ათავსებენ კოდინის 0.01%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს („მოწმე“ ხსნარი). ფირფიტაზე მოთავსებულ წვეთებს აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე სრულ გაშრობამდე, შემდეგ ათავსებენ გამხსნელების (ქლოროფორმი-აცეტონი-დიეთილამინი, ფარდობით 50:30:2) ორთქლით გაჟღენთილ ქრომატოგრაფირების საკანში. საკანს მჭიდროდ დახურავენ და მას შემდეგ, რაც გამხსნელთა სისტემა აიწეეს 10 სმ-ით სტარტის ხაზიდან, ფირფიტა გამოაქვთ საკნიდან, აშრობენ ჰაერზე და ნამავენ მუნიოს მიერ მოდიფიცირებული დრაგენდორფის რეაქტივით.

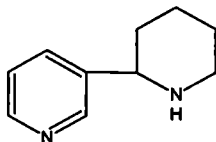
სინჯარაში კოდინის არსებობის შემთხვევაში წვეთის ლაქა იღებს მურა-ვარდისფერ შეფერილობას ($RF = 0.40 \pm 0.02$).

კოდინის აღმოჩენა იწ- და უი- სპექტრებით, ეთილის სპირტში კოდინის ხსნარს შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმი გააჩნია 286 ნმ ტალღის სიგრძეზე; იწ-სპექტრის არეში – 10,52, 1268 და 1500 სმ⁻¹-ზე.

მორფინი და კოდინი აღნაგობით მსგავსი ალკალოიდებია, რის გამოც უმეტესი აღმოჩენი რეაქტივები ორივე ალკალოიდისთვის საერთოა. მათი ერთმანეთისგან განსხვავება შეიძლება იწ- სპექტრით. არის სხვა განმასხვავებელი ნიშნებიც: მორფინისაგან განსხვავებით კოდინი არ იძლევა რეაქციებს რკინის (II) ქლორიდთან, HIO_4 -თან და ერთდროულად კალიუმის პექსაციანოფერატთან და რკინის (II) ქლორიდთან. კოდინი იმითაც განსხვავდება მორფინისგან, რომ ტუტე ხსნარებიდან დიეთილეთერიტ ექსტრაქციისას ეთერის ფაზაში გადადის მხოლოდ კოდინი.

კოდინის რაოდენობრივი განსაზღვრისთვის ძირითადად გამოყენებულია ფოტოკოლორიმეტრიული მეთოდი.

ანაბაზინი (2-(3-პირიდილ) - პიპერიდინი) ალკალიოიდების ჯგუფის წარმომადგენელია. იგი წარმოადგენს მცენარე ანაბაზისში არსებული ალკალიოიდების ძირითად წარმომადგენელს. ანაბაზინი ნიკოტინის იზომერიცა,



რის გამოც თავისი თვისებებით ძალიან ახლოს დგას ნიკოტინთან.

ანაბაზინის ფუფე $C_{10}H_{14}N_2$ წარმოადგენს უფერო ზეთისმაგვარ სითხეს (ღლობის ტემპერატურა - $90^{\circ}C$) დულს $276^{\circ}C$ -ზე; კარგად იხსნება წყალში და ზოგიერთ ორგანულ გამხსნელში (ეთილის სპირტი, დიეთილეთერი, ბენზოლი). წყალხსნარს აქვს ძლიერი ტუტე რეაქცია.

ანაბაზინის წარმოებულები გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში მცენარეთა მანებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად, ეტერიზარიაში, თამბაქოს მოწვევისაგან გადასაწეველად და სხვ.

ძირითადად გამოიყენება ანაბაზინ-სულფატი $(C_{10}H_{14}N_2)_2 H_2SO_4$, რომელიც კარგად იხსნება წყალში და ორგანულ გამხსნელებში, აქროლადია. ნაჯერი ორთქლის დრეკადობა ოთახის ტემპერატურაზე შეადგენს $0,2$ გ/მ³-ს. ზღერული დასაშვები კონცენტრაცია სამუშაო ზონაში - $0,1$ მგ/მ³.

ანაბაზინი მიეკუთვნება საკმაოდ ტოქსიკურ ნაერთთა რიცხვს. მცირე რაოდენობით ორგანიზმში მოხვედრა იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის აგზნებას, სუნთქვის გაძლიერებას, სისხლის წნევის აწევას. დიდი რაოდენობით ორგანიზმში მოხვედრა - ევგუტური ნერვული სისტემის დამბლას. ანაბაზინი ადვილად შეიწოვება როგორც ღორწოვანი გარსის მეშვეობით, ისე დაუზიანებელი კანით. მოწამელის სიმპტომებია თავის ტკივილი, კუჭის აშლილობა, სიყვითლე, პულსის გახშირება, თმების ცვენა, სმენის მოშლილობა. მძიმე მოწამელის შემთხვევაში ადგილი აქვს ცნობიერების დაკარგვას, კრუნჩხვით მოვლენებს და სუნთქვის შეჩერებას, თუმცა არ გააჩნია კონკრეტულად მისთვის დამახასიათებელი სიმპტომები, რის გამოც მისგან მოწამელაზე ეჭვის გამოთქმის შემთხვევაში აუცილებელია ქიმიური ანალიზით მისი დადასტურება.

ანაბაზინის იზოლირება ბიომასალიდან და მისი ანალიზი

ანაბაზინის იზოლირება ბიომასალიდან წარმოებს წყლის ორთქლით გამოსადის ან გოგირდმჟავათი შემთავებული წყლით იზოლირების გზით. იდენტიფიცირებისთვის ძირითადად გამოიყენება მიკროკრისტალოსკოპული ანალიზი, დალევის და შეფერვის რეაქციები.

რეაქცია დრაგენდოროფის რეაქტივთან. სასაგნე მინაზე ათავსებენ ქლოროფორმით ექსტრაჰირებული ხსნარის (ან დისტილატის) 2-3 წვეთს და აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე სრულ გაშრობამდე. მშრალ ნაშთს უმატებენ მარილმჟავას 0.16-ის ხსნარის ერთ წვეთს; ნალექის გახსნის შემდეგ ხსნარს უმატებენ დრაგენდოროფის ხსნარის ერთ წვეთს. სასაგნე მინას ათავსებენ ტენიან საკანში 10-20 წთ-ით, შემდეგ წარმოებს რეაქციის პროდუქტზე დაკვირვება მიკროსკოპის ქვეშ. ნარინჯისფერ-წითელი წაგრძელებული კრისტალების წარმოქმნა მიუთითებს საკელევე ხსნარში ანაბაზინის შემცველობაზე.

აღმოჩენის ზღვარი – 1ლ ანაბაზინი სინჯში (1 1 000 000). დრაგენდოროფის რეაქტივთან კრისტალურ ნაერთებს იძლევა ტოქსიკოლოგიურად მოქმედი სხვა ნაერთებიც (ნიკოტინი, კონიინი და სხვ.), მაგრამ წარმოქმნილი კრისტალების ფორმა არსებითად განსხვავდება ანაბაზინის რეაქტივთან ურთიერთქმედებით მიღებული პროდუქტის კრისტალებისგან.

რეაქცია პიკრინმჟავასთან. სასაგნე მინაზე ათავსებენ საკელევე ხსნარის ერთ წვეთს, უმატებენ პიკრინმჟავას ნაჯერი ხსნარის ორ წვეთს. ყვითელი კრისტალური ნალექის წარმოქმნა მიუთითებს ანაბაზინის არსებობაზე საკელევე ხსნარში. ნიკოტინი რეაქციას არ იძლევა პიკრინმჟავასთან.

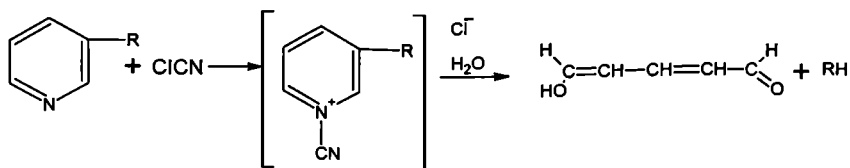
რეაქცია ბუშარდის რეაქტივთან. საკელევე ხსნარის 2 –3 წვეთს უმატებენ ბუშარდის რეაქტივის ერთ წვეთს. ანაბაზინის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს მურა წითელი შეფერილობის ნალექის წარმოქმნას. ასეთივე რეაქციით ხასიათდება ნიკოტინის ურთიერთქმედება ბუშარდის რეაქტივთან.

ტენიანი საკნის მოვალეობა შეიძლება შეასრულოს სველი ფილტრის ქაღალდით აღჭურვილმა პეტრის ჯამმა ან წყლიანმა ექსიკატორმა.

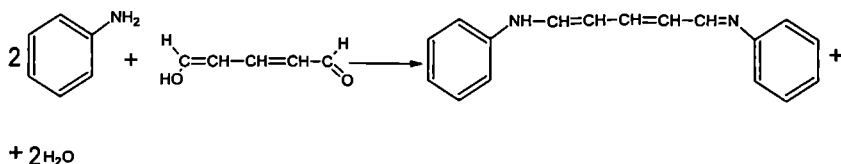
რეაქცია წყალბადის ზეჟანგთან. სინჯარაში შეაქვთ საკელევე ხსნარის 1 მლ, წყალბადის ზეჟანგის 1 მლ და კონცენტრირებული გოგირდმჟავას 2-3 წვეთი. ხსნარის მუქ ყავისფრად ან წითლად შეფერვა მიუთითებს ანაბაზინის ან ნიკოტინის არსებობაზე ხსნარში.

რეაქცია ვანილინთან. საკელევე ხსნარის 1 მლ-ს ათავსებენ სინჯარაში, უმატებენ ვანილინის მცირე კრისტალს და კონცენტრირებული მარილმჟავას 1-2 წვეთს. წითელი ან ალუბლისფერ-წითელი შეფერვა მიუთითებს ანაბაზინის ან ნიკოტინის არსებობაზე საკელევე ხსნარში.

ანაბაზინის რაოდენობრივი განსაზღვრისთვის გამოიყენება ფოტოკოლორიმეტრიული მეთოდი. მეთოდი დამყარებულია კენიგის რეაქციაზე, რომლის მიხედვითაც პირიდინის და თავისუფალი α და α' მდგომარეობის მქონე მისი ნაერთების ქლორციანთან ან ბრომციანთან ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება ციანპირიდინის შესაბამისი ქალოგენიდი, რომელიც წყალთან ურთიერთქმედებით იშლება გლუტაკონის ალდეჰიდის წარმოქმნით:



გლუტაკონის ალდეჰიდი ანილინთან იძლევა პოლიმეტილის საღებავს (გლუტაკონის ალდეჰიდის დიანილი):



ქლორციანი და ბრომციანი ძლიერ ტოქსიკური ნაერთებია. მათი გამოყენებისას მოწამელის რისკის ფაქტორი მაღალია, ამიტომ უფრო მიზანშეწონილად ითვლება აღნიშნული რეაქტივების ნაცვლად გაცილებით ნაკლებტოქსიკური ნაერთის, ბრომროდანის (BrSCN) გამოყენება. ბენზიდინი, სულფანილის მჟავა და ზოგიერთი სხვა ნაერთი, რომელიც წყალბადატომის ისეთივე ძერადობით ხასიათდება, როგორც ანილინი, შეიძლება გამოყენებულ იქნას ამ უკანასკნელის ნაცვლად საღებავწარმოქმნელ ნივთიერებად.

ანაბაზინის იზოლირება ბიომასალიდან და მისი გამოყოფა სხვა ალკალიოიდებისგან საკმაოდ რთულია და ხასიათდება თავისებურებებით. იზოლირებისთვის უმჯობესია გოგირდმჟავით შემავებული წყლით, რისთვისაც 100 გ დაქუცმაცებულ ბიომასალას (ლეიძლი, თირკმელი, კუჭი შიგთავსით და სხვ.) ათავსებენ 500 მლ-იან ქიმიურ ჭიქაში, უმატებენ გოგირდმჟავას 0,02 ნ-ის ხსნარს ისეთი რაოდენობით, რომ ბიომასალა მთლიანად დაიფაროს სითხით. ხსნარის და ბიომასალის კარგი არევის შემდეგ ამოწმებენ ნარევის pH-ს, რომელიც ტოლი უნდა იყოს 2,5-ის. აუცილებლობის შემთხვევაში pH-ის დაწვეა წარმოებს გოგირდმჟავას 10%-იანი ხსნარის წვეთწვეთობით დამატებით, კარგი არევის პირობებში და პერიოდულად pH-ის შემოწმებით უნივერსალური ინდიკატორული ქაღალდით. ნარევის ტოვებენ 2 სთ-ის განმავლობაში პერიოდული არევის პირობებში. 2 სთ-ის შემდეგ თხევად ფაზას წურავენ მარლაში, ბიომასალას კი ხელახლა დაამუშავენ გოგირდმჟავას 0,02 ნ-ის ხსნარის ახალი ულუფით. პროცესის იმეორებენ ორჯერ.

შემავებული წყლით გამონაწურ ხსნარებს აერთებენ, გადააქეთ 150-200 მლ ტეფადობის სინჯარაში და ახდენენ მის ცენტრიფუგირებას. სუფთა ხსნარი გადააქეთ გამყოფ ჭიქაში. მყარ ნაშთს უმატებენ გოგირდმჟავას 0,02 ნ-ის ხსნარის 5-10 მლ-ს, კარგად აურევენ მინის წკირით, არევის შემდეგ მინის წკირს ჩარეცხავენ 3-5 მლ იმავე კონცენტრაციის გოგირდმჟავას ხსნარით და ხელახლა ახდენენ მის ცენტრიფუგირებას. ნალექის ზემოთ მოთავსებულ გამჭვირვალე ხსნარს აერთიანებენ ჭიქაში მოთავსებულ ხსნართან. ცენტრიფუგატს უმატებენ ამონიუმის სულფატს გაჯერებამდე. გაჯერებისას აკვირდებიან ხსნარის pH-ს, რომელიც უნდა დარჩეს 2.5 ± 0.2 -ის ფარგლებში. საჭიროების შემთხვევაში pH-ის შენარჩუნებას ახდენენ სათანადოდ, 20% ამიკიანი წყლის ან გოგირდმჟავას 10%-იანი ხსნარის

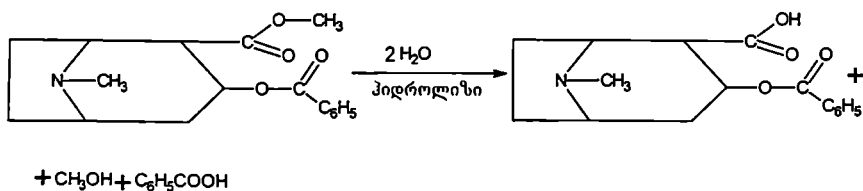
დამატებით. 2 სთ-ით დაყოვნების შემდეგ ნალექის და სითხის გაყოფას ახდენენ ცენტრიფუგირებით. ცენტრიფუგატი გადააქეთ 500 მლ ტეფადობის გამყოფ ძაბრში, უმატებენ 50 დიეთილეთერს და 5-10-წუთიანი ნჯღრევის შემდეგ ეთერიანი გამონაწელილს მოაცილებენ გოგირდმჟავიანი წყლის ფაზას. პროცესს იმეორებენ ორჯერ. ეთერიან გამონაწელილს გადაღვრიან, ხოლო გოგირდმჟავიანი წყლის ფაზას ტოვებენ გამყოფ ძაბრში, უმატებენ NaOH-ის ხსნარს მცირე ულუფებით ტუტე გარემოს მიღებამდე ($\text{pH}=8,5-9,0$) და ახდენენ ხსნარში საეარაუდოდ არსებული ანაბაზინის ამოწვლილვას 50 მლ მოცულობის ქლოროფორმით. პროცესს იმეორებენ სამჯერ. ქლოროფორმიან გამონაწურებს აერთებენ და გაფილტრავენ ქაღალდის ფილტრში. ქლოროფორმიან გამონაწურს იყენებენ ანაბაზინის აღმოსაწენად.

ქლოროფორმიან გამონაწურში ანაბაზინის რაოდენობრივი განსაზღვრის მიზნით ხსნარს აჯერებენ აირადი ქლორწყალბადით 2-3 წთ-ის განმავლობაში. შემდეგ კი ახდენენ ანაბაზინისგან ქლოროფორმის მოცილებას წყლის აბაზანაზე აორთქლებით გაშრობამდე. ანაბაზინის ჰიდროქლორიდის მშრალ ნაშთს ხსნიან 5 მლ გამოხდილ წყალში, მისი 1 მლ გადააქეთ 50 მლ-იან საზომ კოლბაში და საზღერავენ ანაბაზინის რაოდენობას ფოტოკოლორიმეტრიული მეთოდით.

კოკანი ($\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{O}_4\text{N}$)



კოკანი ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვანი ალკალოიდების ერთ-ერთი წარმომადგენელია. იგი წარმოადგენს მეთილის სპირტის, ბენზომჟავას და ეკგონინის რთულ ეთერს. კოკანის შეიცავს მცენარე კოკას ფოთლები (1,0%). ამასთან ახალი, ნორჩი ფოთლები კოკანის შეიცავს გაცილებით დიდი რაოდენობით (2,0%) ძველთან შედარებით. მჟავების და ტუტეების მოქმედებით კოკანი განიცდის ჰიდროლიზს ეკგონინის, მეთილის სპირტის და ბენზონის მჟავას წარმოქმნით:



კოკანი კარგად იხსნება ბენზოლში (1 : 1), ძმარმჟავათილეთერში (1 : 1,1), ქლოროფორმში (1 : 0,5), დიეთილეთერში (1 : 4), ეთილის სპირტში (1 : 7); ცუდად - წყალში (1 : 1300). ლღობის ტემპერატურაა 98°C .

ფარმაკოლოგიაში გამოიყენება როგორც ადგილობრივი საანესთეზიო საშუალება; იწვევს მგრძნობიარე ნერეული დაბოლოებების დამბლას. გარკვეული

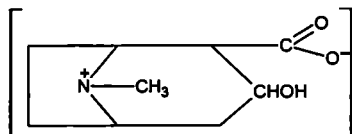
რაოდენობით მიღებისას მოქმედებს ცენტრალურ ნერეულ სისტემაზე. იწვევს ეიფორიას, აგზნებას, შემდეგ – ცენტრალური ნერეული სისტემის მოშლას.

ფარმაკოლოგიაში გამოყენებისას სწრაფად შეწოვის შენელებისა და ანესთეზიური ზემოქმედების გახანგრძლივების მიზნით ხშირად კოკაინი იხმარება ადრენალინთან ნარევის სახით.

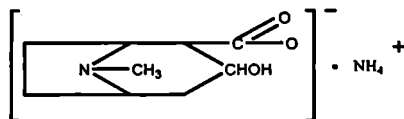
კოკაინით მოწამელის სიმპტომები ელინდება მთელი ორგანიზმის ნერეული სისტემის მოშლაში. ორგანიზმზე მოქმედებს დამათრობლად; იწვევს პალუცინაციებს, რაც მოგვიანებით ბოღებაში და შიშში გადადის; იწვევს გემოს შეგრძნების, სმენის, მხედველობის დაკარგვას; შედარებით ძლიერი მოწამელა – დამბლას. კოკაინის გარკვეული რაოდენობით რამდენჯერმე მიღება იწვევს მისადმი აუადმყოფურ (თითქმის დაუძლეველ) მისწრაფებას. კოკაინი გამოირჩევა მაღალი ტოქსიკურობით. 0,1 – 0,3გ რაოდენობით ერთჯერადი მიღება ლეტალური შედეგით მთავრდება.

კოკაინის მეტაბოლიტური გარდაქმნები ძირითადად ღვიძლში მიმდინარეობს. წარმოქმნილი მეტაბოლიტები გადადის თირკმლებში და ორგანიზმიდან განიდევენება შარდთან ერთად.

გარდაქმნის პირველ საფეხურზე ადგილი აქვს პიდროლიზს ეკგონინის, მეთილის სპირტის და ბენზოშეფას წარმოქმნით (იხ. პიდროლიზის რეაქცია). ამასთან, მეტაბოლიტური გარდაქმნა ერთნაირად მიმდინარეობს როგორც ცოცხალ ორგანიზმში, ისე გეგამში. დაშლის პირველადი პროდუქტის გარდაქმნა ხორციელდება ორი სხვადასხვა გზით. მჟავა გარემოში ადგილი აქვს „შიგა“ მარილის მიღებას:



ტუტე გარემოში – კარბონმჟავას მარილის მიღებას:



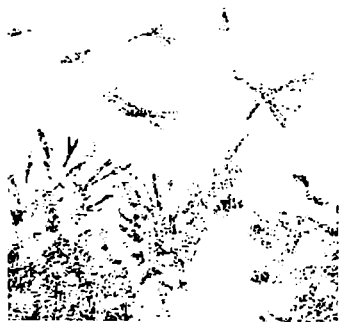
ეკგონინის მეორეული მეტაბოლიტური პროცესი იმდენად სწრაფად მიმდინარეობს, რომ ექსპერტული სამუშაოების დაგვიანების შემთხვევაში შეუძლებელი ხდება როგორც ტუტე, ისე მჟავა გარემოში მისი იზოლირება ბიომასალიდან. ლეტალური შედეგის დადგომიდან 3 კვირის შემდეგ საესებით შეუძლებელია კოკაინის აღმოჩენა ბიომასალაში.

კოკაინის იზოლირება ბიომასალიდან შესაძლებელია როგორც შემავებული წყლით, ისე შემავებული სპირტით. გამონაწერიდან მისი ექსტრაქციისთვის გამოყენებულია ქლოროფორმი. ექსტრაქცია წარმოებს სუსტ ტუტე გარემოში (pH = 7,0. 8,5).

კოკაინის თვისებრივი აღმოჩენის რეაქციები

რეაქცია კალიუმის პერმანგანატთან. სასაგნე მინაზე ათავსებენ ექსტრაქციული ხსნარის (ქლოროფორმის) რამდენიმე წვეთს და აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე¹. მიღებულ მშრალ ნაშთს ხსნიან მარილმჟავას 10%-იანი ხსნარის ერთ-ორ წვეთში და ხელახლა აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე. მშრალ ნაშთს უმატებენ კალიუმის პერმანგანატის 1%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს. 10 - 20 წთ-ის გასვლის შემდეგ სინჯს აკვირდებიან მიკროსკოპის ქვეშ. სინჯში კოკაინის არსებობის შემთხვევაში შეინიშნება კოკაინის პერმანგანატის იისფერ-წითელი ფერის სწორკუთხა და კეადრატული ფორმის ფირფიტოვანი კრისტალები. ტროპაკოკაინი, აკონიტინი, სკოპოლამინი იძლევა განსხვავებული ფორმის კრისტალებს.

აღმოჩენის ზღვარი: 4γ კოკაინი სინჯში (განზაეება 1 10 000).



სურ 4. კოკაინის პერმანგანატის კრისტალები

რეაქცია ჯგუფური დაღეკვის რეაქტივებთან. კოკაინი ნალექს იძლევა პიკრინმჟავასთან, ბუშარდის, დრაგენდორფის, ზონენშტეინის, შეიბლერის რეაქტივებთან. არ იძლევა ნალექს მაიერის რეაქტივთან (იხ. ცხრ. 3).

რეაქცია პლატინაქლორწყალბადმჟავასთან. სასაგნე მინაზე ათავსებენ ქლოროფორმისიანი გამონაწერის სამ წვეთს და აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე სრულ ამოშრობამდე. მშრალ ნაშთს თანამიმდევრობით უმატებენ მარილმჟავას 0,1 ნ-ის ხსნარის და პლატინაქლორწყალბადმჟავას 10%-იანი ხსნარის თითო წვეთს. მიკროსკოპის ქვეშ (ზოგჯერ შეუიარაღებელი თვალითაც) ღია-ყვითელი კრისტალების აღმოჩენა ხსნარში მიუთითებს კოკაინის შემცველობაზე საკელეო ობიექტში. აღმოჩენის ზღვარი: 33 მკგ სინჯში.

¹ — ეურადლება! ხსნარის აორთქლება, თუნდაც წყლის აბაზანაზე იწვევს სინჯში სავარაუდოდ არსებული კოკაინის დაშლას.



სურ. 5. კოკაინის ქლოროპლატინების კრისტალები

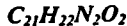
კოკაინის აღმოჩენა ქრომატოგრაფიული მეთოდით. ქრომატოგრაფიული ფირფიტის სტარტის ხაზზე ათავსებენ საკელევი ქლოროფორმიანი ხსნარის ერთ წვეთს. მისგან მარჯვნივ, 2 სმ-ის მანძილზე, სტარტის ხაზზე ათავსებენ „მოწვე“ ხსნარის ერთ წვეთს. ფირფიტას სინჯით ათავსებენ ქრომატოგრაფირების საკანში, რომელიც გაჯერებულია გამხსნელის ორთქლით (ქლოროფორმი : აცეტონი დიმეთილამინი - 50 30 20). გამხსნელთა სისტემის სტარტიდან 10 სმ-ით გადაწვეის შემდეგ საკანიდან გამოაქვთ ფირფიტა, აშრობენ ჰაერზე და შეასხურებენ დრაგენდოფის რეაქტივს¹. კოკაინის არსებობის შემთხვევაში ქრომატოგრამაზე წარმოიქმნება მურა ვარდისფერი შეფერილობა ($RF=0,61 \pm 0,01$).

კოკაინის აღმოჩენა იწ- და უი- სხივებით. იწ- და უი-სხივებით კოკაინის აღმოსაჩენად აუცილებელია ქლოროფორმიან გამონაწურში სავარაუდოდ არსებული კოკაინის გადაყვანა სპირტხსნარში². კოკაინის სპირტხსნარებისთვის უი-სპექტრის უბანში შთანთქმის მაქსიმუმები დამახასიათებელია 230, 274 და 281 ნმ-ზე. შთანთქმის სპექტრით კოკაინის აღმოჩენისთვის დასაშვებია მისი ხსნარი 0,1 ნ-ის გოგირდმჟავაში. კოკაინის გოგირდმჟავა ხსნარისთვის შთანთქმის მაქსიმუმებია 233 და 275 ნმ. შეიმჩნევა აგრეთვე გამრუდება 281 ნმ-ზე. იწ- სპექტრის უბანში კოკაინისთვის დამახასიათებელი პიკები შეინიშნება 1275, 1106, 1700 და 1728 სმ⁻¹ - ზე.

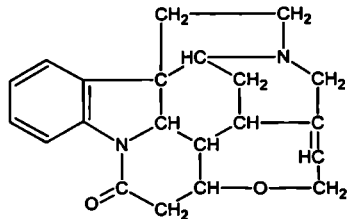
¹ რეაქტივის მომზადება იხილეთ დამატებაში.

² აქ და ყველგან ზოგადად სიტყვა „სპირტის“ ხმარების შემთხვევაში იგულისხმება ეთილის სპირტი.

ს ტ რ ი ქ ნ ი ნ ი



სტრიქნინი ინდოლის წარმოებულებს მიეკუთვნება. შედის ზოგიერთი მცენარის შედგენილობაში. ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე წარმოადგენს თეთრ კრისტალურ ნივთიერებას, ღვლის ტემპერატურით: 268-290°C. ღვლის ასეთი ფართო ტემპერატურული ზღვარი განპირობებულია იმით, რომ გახურების სხვადასხვა სიჩქარე გავლენას ახდენს ღვლის ტემპერატურაზე. კერძოდ, გახურების სიჩქარის გაზრდით იზრდება მისი ღვლის ტემპერატურა 2690° C -დან 2900°C-მდე.



სტრიქნინის ფუფე ცუდად იხსნება წყალში (1 : 7000) და ეთერში (1 : 5500). კარგად იხსნება სპირტში (1 : 110) და ქლოროფორმში (1 : 6); ტემპერატურის გაზრდით სპირტში მისი ხსნადობა იზრდება. უკვე 60°C-ზე მისი ხსნადობა შეადგენს 3,6 გ-ს 100 გ სპირტში.

სტრიქნინის წყალხსნარს აქვს ტუტე რეაქცია (ლაკმუსთან იძლევა ლურჯ შეფერილობას), ორგანოლექტიკურად ხასიათდება მომწარო გემოთი ძლიერი განზავების შემთხვევაშიც კი (1 : 700 000).

მესამეული აზოტის ხარჯზე სტრიქნინი შეაგებთან წარმოქმნის მარილებს. ფარმაკოლოგიური დანიშნულებით ხასიათდება სტრიქნინის ნიტრატი.

სტრიქნინი ძლიერი მომწამლავების რიცხვს მიეკუთვნება. სასიკვდილო დოზის შესახებ არ არის ერთნაირი მოსაზრება და იგი საშუალოდ 0,05 - 0,12 გ-ის ფარგლებში იცვლება. სტრიქნინი ადვილად შეიწოვება ლორწოვანი გარსით და საკმაოდ ძნელად განიდევენება ორგანიზმიდან. იწვევს ზურგის ტვინის რეფლექტორული ცენტრების აგზნებას, რაც კლინიკურად ძლიერ კრუნჩხვებში ელარდება. ამასთან, არ ხდება გარძობის დაკარგვა და კრუნჩხვების გამეორება ხდება გარკვეული დროის ინტერვალით. ლეტალური შედეგი დგება ასფიქსიის პერიოდში. სტრიქნინი განსაკუთრებით საშიშია გულსისხლძარღვთა დაავადების მქონე პირთათვის. იმის გამო, რომ სტრიქნინი ცუდად განიდევენება ორგანიზმიდან, ადგილი აქვს მის სხვადასხვა ფორმით გარდაქმნას ორგანიზმში. მეტაბოლიტის ერთ-ერთი ფორმა ხასიათდება ფენოლის თვისებებით. სტრიქნინის არამეტაბოლიზებული ნაწილი დიდხანს რჩება გვამში და მისი აღმოჩენა გვამის ნაწილებში შესაძლებელია ლეტალური შედეგის დადგომიდან 6 წლის შემდეგაც.

ბიომასალიდან სტრიქნინის იზოლირება შესაძლებელია როგორც შემჟავებული სპირტით, ისე შემჟავებული წყლით. უფრო ეფექტურია შემჟავებული წყლით იზოლირება, რაც განპირობებულია იმით, რომ შეაგებთან სტრიქნინის წარმოებულები (მარილები) წყალში გაცილებით მაღალი ხსნადობით ხასიათდება სპირტში ხსნადობასთან შედარებით. ასე, მაგალითად, შემჟავებული წყლის გამოყენების შემთხვევაში 100 გ ბიომასალიდან სტრიქნინის იზოლირების ზღვირად ითვლება 1 მგ, შემჟავებული სპირტის გამოყენების შემთხვევაში - 2 მგ. ამასთან, ქიმიკოს-ექსპერტმა უნდა გაითვალისწინოს ის გარემოებაც, რომ ორგანული გამხსნელებით ექსტრაქციისას შეიძლება გამოიყენოს არა მარტო ტუტე ხსნარები, როგორც ეს საერთოდ მიღებულია ალკალიდების ექსტრაქციისთვის, არამედ შემჟავებული ხსნარებიც. უფრო მეტიც, კვლევის ობიექტში საგარეუოდ მცირე რაოდენობით სტრიქნინის არსებობისას მცირე შემჟავების შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება სტრიქნინის მთლიანად გადასვლა ქლოროფორმიდან გამონაწურში.

სტრიქონინის აღმოჩენა

რეაქცია ჯგუფური დალექვის რეაქტივებთან. სტრიქონინი, როგორც ფუჟე, იძლევა ამორფულ ან კრისტალურ ნალექს ბევრ ზოგადალკალიდურ რეაქტივთან. სტრიქონინი ნალექს იძლევა დრაგენდოროფის, მაიერის, შეიბლერის რეაქტივებთან, პიკრინმჟეფასთან და კაჟბადეოლფრამმჟეფასთან, ნალექს არ იძლევა ბუშარდის და ზონენშტეინის რეაქტივებთან (იხ. ცხრ. 3). ყველაზე მგრძნობიარედ ითვლება შეიბლერის რეაქტივი (1 600 000).

სტრიქონინი კრისტალურ ნალექს იძლევა პიკრინმჟეფასთან, პლატინაქლორწყალბადმჟეფასთან და მაიერის რეაქტივთან.

რეაქცია კალიუმის ბიქრომატთან და გოგირდმჟეფასთან. სტრიქონინის აღმოჩენის ანალიზური რეაქციებიდან განსაკუთრებული მგრძნობიარობით გამოირჩევა რეაქცია კალიუმის ბიქრომატთან. აღმოჩენის ზღვარი: 1 მკ 1 მლ სინჯში.

ანალიზის მსვლელობა. ქლოროფორმიანი გამონაწურის 1 მლ-ს ათავსებენ ფაიფურის ჯამში და აორთქლებენ ოთახის ტემპერატურაზე სრულ გაშრობამდე. მშრალ ნაშთს უმატებენ გოგირდმჟეფას 85%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს. მიღებულ ხსნარში შეჭკავთ კალიუმის ბიქრომატის მცირე კრისტალი. სინჯში სტრიქონინის არსებობის შემთხვევაში ფაიფურის ჯამის შერხევისას ან შინის წკრიოთ სითხეში კრისტალის მოძრაობისას ადგილი აქვს ლურჯი ფერის ჭაღლური ნაკადების წარმოქმნას. გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ ლურჯი შეფერილობა გადადის იისფერში, შემდეგ – წითელში და ბოლოს საერთოდ ქრება. კალიუმის ბიქრომატით სტრიქონინის აღმოჩენას ხელს უშლიან მორფი, ბრუკინი, ქინინი, აზოტმჟეფა, ანტიმორფინი.

სტრიქონინთან ასეთსავე რეაქციას იძლევა ნაერთები: მანგანუმის ორჟანგი, კალიუმის პერმანგანატი, ცერუუმის ოქსიდი, სისხლის წითელი მარილი, ტყეის ზეჟანგი.

რეაქცია მანდელინის რეაქტივთან¹. სინჯარაში ათავსებენ საკვლევი ხსნარის 1 მლ-ს. ხსნარს უმატებენ რეაქტივის 2 – 3 წვეთს. სინჯში სტრიქონინის არსებობის შემთხვევაში ხსნარი იღებს მოლურჯო-იისფერ შეფერილობას, რომელიც ჯერ გადადის მეწაბულში, შემდეგ – წითელში. ჭარბი რაოდენობით მჟეფას არსებობა ხელს უშლის სტრიქონინის აღმოჩენას, რაც არაერთხელ გამხდარა შედეგის შემთხვევითი გაყალბების მიზეზი.

სტრიქონინის აღმოჩენა ქრომატოგრაფიული მეთოდით. ქრომატოგრაფიული ფირფიტის სტარტის ხაზზე ათავსებენ კვლევით ქლოროფორმიანი გამონაწურის ერთ წვეთს. მისგან მარჯვნივ, 2 სმ-ის დაშორებით, სტარტის ხაზზე ათავსებენ „მოწეწ“ ხსნარის ერთ წვეთს (ქლოროფორმში სტრიქონინის 0,01%-იანი ხსნარი). სტარტის ხაზზე მოთავსებულ წვეთებს აშრობენ პაერზე. ამის შემდეგ ფირფიტას ათავსებენ ქრომატოგრაფირების საკანში, რომელიც გაჯერებულია გამხსნელის ორთქლით (ქლოროფორმი – აცეტონი – ამიაკის 25%-იანი ხსნარი თანაფარდობით 30 30 2). გამხსნელთა სისტემის სტარტიდან 10 სმ-ით გადაწევის შემდეგ საწიდან გამოაქვთ ფირფიტა, აშრობენ პაერზე და შეახსურებენ დრაგენდოროფის რეაქტივს, მოდიფიცირებულს მუნიოთი.

სტრიქონინის არსებობის შემთხვევაში ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე ჩნდება მურ-ვარდისფერი ლაქა.

სტრიქონინის აღმოჩენა უი- და იწ-სპექტრებით. იწ- და უი-სიხეებით სტრიქონინის აღმოსაჩენად აუცილებელია ქლოროფორმიანი გამონაწურში სავარაუდოდ არსებული სტრიქონინის გადაყვანა სპირტხსნარში. სტრიქონინის სპირტხსნარები შთანთქმის მაქსიმუმით ხასიათდება 255 ნმ-ზე. იგივე ტალღის სიგრძეზე შთანთქმის მაქსიმუმით ხასიათდება სტრიქონინის ხსნარი 0,1 ნ-ის გოგირდმჟეფაში.

იწ-სპექტრის უბანში სტრიქონინისთვის მახასიათებელი პიკები ელინდება 1664, 1480, 1392 და 764 სმ⁻¹-ზე.

¹ უფრო კონცენტრირებულ გოგირდმჟეფას გამოყენებამ შესაძლებელია გამოიწვიოს მშრალი ნაშთის დანახშირება.

² რეაქტივის მომზადება იხილეთ დამატებაში.

თავი II

მინერალიზაციით იზოლირებადი ნივთიერებები და მათი ანალიზი

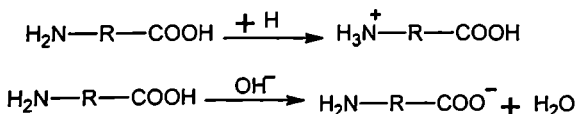
ნახშირბადის, წყალბადის, აზოტის, ფოსფორის და კალციუმის გარდა ცოცხალ ორგანიზმში მიმდინარე ფიზიოლოგიურ პროცესში მონაწილეობას ღებულობს საშოცადმდე ქიმიური ელემენტი, ასე, მაგ. კობალტი შედის ვიტამინ B₁₂-ის შედგენილობაში, სპილენძი – სხედასხევა დასახელების ფერმენტის შედგენილობაში. მათი შემცველობა ცოცხალი ორგანიზმის უჯრედებში მგ%-ის მეთასხედი და მეთათათასხედი წილებით განისახელება [1]. ორგანიზმისთვის მცირე რაოდენობით საჭიროების გამო მათ „მიკროელემენტებს“ უწოდებენ. ორგანიზმში მათი მოხევედრა წარმოებს ძირითადად სახეელი წყლის და კვების პროდუქტების მეშვეობით. ზოგიერთი მათგანის (მაგ., ნატრიუმის, მაგნიუმის, კალიუმის) ჭარბი რაოდენობით მოხევედრა ორგანიზმში არ იწვევს მნიშვნელოვან ცვლილებებს, რის გამოც ასეთ ელემენტებს ტოქსიკურ ნივთიერებათა ჯგუფს არ მიაკუთენებენ, მაგრამ დიდი რაოდენობით მიკროელემენტის სხედასხევა ნაერთის სახით მოხევედრა ორგანიზმში იწვევს ორგანიზმის მოწამელას და მიღების პირობების, ორგანიზმის საერთო მდგომარეობის და მიღებული ნივთიერების რაოდენობის მიხედვით – ხშირად ლეტალურ შედეგსაც. ასეთ ლითონებს ეტოქსიკოლოგიაში „ლითონური შხამები“ ეწოდებათ და განიხილება ცალკე კლასად.

ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვან ლითონურ შხამებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავიათ ლითონებს: ტყეიას, ბარიუმს, ბისმუტს, სპილენძს, კადმიუმს, მანგანუმს, ევრცხლს, ევრცხლისწყალს, ტალიუმს, ქრომს, თუთიას. ლითონური შხამების ჯგუფს მიაკუთენებენ აგრეთვე დარიშხანს და სტიბიუმს. უმეტესი მათგანის შემცველობაზე შემოწმება აუცილებელია მხოლოდ სრული სასამართლო-ქიმიური ანალიზის წარმოებისას. ზოგიერთი მათგანის შემცველობაზე გამოკვლევა (Zn, TI, Ni, Cr, Mn) წარმოებს მხოლოდ სპეციალური მითითების შემთხვევაში.

ორგანიზმში მოხევედრილი ლითონთა იონების შეკავშირება ხდება ცილოვან ნივთიერებებთან, ამინომჟავებთან, პეპტიდებთან. ამინომჟავებში, პეპტიდებში და თვით ცილებში ატომთა ჯგუფების მდებარეობის და ლითონთა ქიმიური თვისებების მიხედვით მიიღება სხედასხევა სიმტკიცის კავშირის მქონე ნაერთები. მაგ., ამინომჟავები, რომლებიც ნეიტრალურ გარემოში წყალხსნარებში დისოცირდებიან ბიპოლარული იონების სახით:



თავიანთი ამფოტერული ბუნების გამო მჟავა გარემოში დისოცირდებიან როგორც ფუძეები, ტუტე გარემოში – როგორც მჟავები:



ორგანიზმში მოხვედრილ ლითონთა იონებს შეუძლიათ შეერთება არა მარტო კარბოქსილის ჯგუფთან, არამედ ამინოჯგუფთანაც აზოტის ატომში არსებული თავისუფალი ელექტრონული წყვილის ხარჯზე კოორდინაციული ჯგუფის წარმოქმნით. ლითონთა იონებს შეუძლიათ აგრეთვე შიგაკომპლექსური ნაერთების წარმოქმნა. ლითონთა იონებს აქვთ უნარი შეუკავშირდნენ აგრეთვე ნუკლეინ-მჟავებს, პეტერიდინებს და ორგანიზმის შემადგენელ სხვა კომპონენტებს. უმეტეს შემთხვევაში ისინი წარმოქმნიან მტკიცე კოვალენტური ბმის ნაერთებს, რაც განაპირობებს ორგანიზმზე მათ ხანგრძლივ მოქმედებას.

ლითონებით მოწამვლაზე ეპეის გამოთქმის შემთხვევაში სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზაზე შეიძლება წარდგენილი იყოს გვამის ორგანოები (ღვიძლი, თირკმლები, კუჭი შიგთავსით და სხვა), ბიოლოგიური ხსნარები (სისხლი, შარდი) და ბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტები. მტკიცეკავშირიანი ნაერთების წარმოქმნის გამო წყლის ორთქლით გამოხდის ან ექსტრაქციის გზით ლითონური შხამების იზოლირება ბიომასალიდან შეუძლებელია.

ამჟამად სასამართლო-ქიმიური ანალიზის წარმოებაში ლითონური შხამების იზოლირებისთვის ძირითადად გამოიყენება ბიომასალის მინერალიზაცია (დაშლა). მინერალიზაციის შედეგად ადგილი აქვს ცილებთან, ამინომჟავებთან და სხვა ნივთიერებებთან ლითონთა ნაერთების დაშლას და მათ გადაყვანას იონურ ნაერთებში.

2.1. ბიომასალის მინერალიზაციის მეთოდები

ბიომასალის მინერალიზაციისთვის გამოიყენება ორი ძირითადი მეთოდი: მშრალი და სველი დანაცრება. მშრალი დანაცრებისას წარმოებს რომელიმე ძლიერი დამჟანგველის თანაობისას ან მის გარეშე, ორგანული ნივთიერებების გახურება მაღალ ტემპერატურაზე. სველი „დანაცრება“ წარმოებს ასევე დამჟანგველის თანაობით, მაგრამ – თხევად ფაზაში. დამჟანგველებად გამოიყენება კონცენტრირებული გოგირდმჟავა ან აზოტმჟავა, ქლორმჟავა, წყალბადის ზეჟანგი ან კალიუმის ქლორატი.

2.1.1. მშრალი დანაცრება ძლიერი დამჟანგველის გარეშე¹

დაქუცმაცებული საკვლევი ობიექტი, 5-10 გ რაოდენობით, გადააქვთ ფაიფურის, კვარცის ან პლატინის ტიგელში. ტიგელს ათავსებენ 120 – 130°C-მდე გაცხელებულ სილის აბაზანაზე და ახდენენ საკვლევი ობიექტის გამოშრობას. გამოშრობის შემდეგ თანდათანობით ზრდიან სილის აბაზანის ტემპერატურას ისე, რომ ბიომასალის დანახშირებისას ადგილი არ ჰქონდეს გაზების ინტენსიურ გამოყოფას, რაც (გაზების ინტენსიური გამოყოფა) შეიძლება გახდეს საკვლევი ობიექტში სეარაუდოდ არსებული „ლითონური შხამის“ ნაწილის დაკარგვის და სათანადოდ – შედეგების გაყალბების მიზეზი. გახურება წარმოებს არა უმეტეს 300 – 400°C-მდე. ბიომასალის წარმომავლობის მიხედვით ადგილი აქვს საკვლევი ობიექტის დანაცრებას ან დანახშირებას. დანახშირებულ მასას აცივენ ოთახის ტემპერატურამდე, ასველებენ კონცენტრირებულ აზოტმჟავით ან ამონიუმის ნიტრატის 70 – 75%-იანი ხსნარით, ახდენენ მის გამოშრობას წყლის აბაზანაზე, შემდეგ გადააქვთ 30-40 მლ ტეჰადობის ფაიფურის ტიგელში და ფრთხილად, ისე რომ ადგილი არ ჰქონდეს ამოფრქვევებს, ახურებენ ღია ცეცხლის ალზე. სრული

¹ ყურადღება! პროცესი ტარდება კარგი გაწოვის მქონე გამწოვ კარადაში.

დანაცრების მიზნით ტიგელის შიგთავსს ხელახლა აცივებენ, ასეველებენ ამონიუმის ნიტრატის ხსნარით, აშრობენ წყლის აბაზანაზე და შემდეგ გამოწევენ. დანაცრებული მასის მანგანუმზე გამოკვლევის მოთხოვნის შემთხვევაში დანაცრებულ მასას ამუშავებენ მარილმჟავით, ხსნარს ფილტრავენ, ხოლო ფილტრის ქაღალდზე დარიჩნით მასას ჩარეცხავენ გამოხდილი წყლით. ფილტრატს და ჩანარეცხ წყლებს აერთებენ და აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე სრულ ამოშრობამდე. მიღებულ მყარ ნაშთს ხსნიან 3-5 მლ გამოხდილ წყალში და საზღვრავენ მასში მანგანუმის შემცველობას.

ბიომასალის სპილენძის შემცველობაზე გამოკვლევის შემთხვევაში, დანაცრებული მასის დასამუშავებლად მარილმჟავას ნაცვლად იყენებენ აზოტმჟავას. ტიგელში მოთავსებულ ხსნარს ფილტრავენ, ფილტრს აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე სრულ გაშრობამდე, მშრალ ნაშთს ხსნიან 3-5 მლ გამოხდილ წყალში და საზღვრავენ მასში სპილენძის შემცველობას. ამრიგად, მშრალი დანაცრება გამოყენებულია ძირითადად საექსპერტოდ წარმოდგენილ ბიომასალაში მანგანუმის ან სპილენძის შემცველობის დასადგენად. რიგ შემთხვევაში მეთოდი შეიძლება გამოიყენოთ აგრეთვე თუთიის და ბისმუტის განსაზღვრისთვის.

დანაცრების მეთოდი ხასიათდება მთელი რიგი ნაკლოვანებებით. კერძოდ, ზოგიერთი ლითონი განიცდის აორთქლებას (ვერცხლისწყალი, ტალიუმი, დარიშხანი), ზოგიერთი (თუთია, ტყვია, ვერცხლი) ურთიერთქმედებს ფაიფურის და კუარცის კედლებზე.

2.1.2. დანაცრება დამჟანგელებთან შედგომით

შედგომით მინერალიზაცია გამოიყენება იშვიათად, ვინაიდან მეთოდი საჭიროებს გარკვეული პირობების დაცვას. მეტწილად გამოიყენება მცირე რაოდენობით საკვლევი ობიექტების (ფრჩხილები, თმა, შარდის აორთქლების ნარჩენი, დარიშხანშემცველი ორგანული პრეპარატები, ორგანული საღებავები და სხვ.) დარიშხანის შემცველობაზე გამოკვლევისას.

დამჟანგელებთან შედგომით მინერალიზაციის მიზნით საკვლევი ობიექტის 1-2 გ-ს, 4გ ნატრიუმის კარბონატის და 2 გ ნატრიუმის ნიტრატის ნარევეთან ერთად კარგად გასრესენ ფაიფურის ჯამში, დაასველებენ 2 მლ გამოხდილი წყლით და გამოაშრობენ წყლის აბაზანაზე. ცალკე იღებენ ნატრიუმის ნიტრატის 5-6 გ-ს, ათავსებენ 30-50 მლ ტევადობის ტიგელში და აცხელებენ ფრთხილად გაღობამდე. ნაღობის ტემპერატურას ინარჩუნებენ შეძლებისდაგვარად დაბალს მაგრამ ისე, რომ არ მოხდეს მისი გამჟავება. ფაიფურის შპატელით ან ფაიფურის კოჟეით იღებენ კარბონატში და ნიტრატში გასრესილ და შემდეგ გამშრალ საკვლევი ობიექტს და მცირე ულუფებით ათავსებენ ნაღობში. მიწოდება ხდება ულუფებით ისეთი რაოდენობით, რომ არ მოხდეს ნაღობში ძლიერი ალის წარმოქმნა. ახალი ულუფის მიწოდება ნაღობში ხდება მას შემდეგ, რაც სრულად მოხდება წინამდებარე ულუფის სრული დაწვა და მისი გადასალა ნაღობში. საკვლევი ობიექტის ბოლო ულუფის დაწვის შემდეგ ფაიფურის ჯამში, რომელშიც მომსაღდა საკვლევი ობიექტის, ნატრიუმის კარბონატის და ნატრიუმის ნიტრატის ნარევი, შეაქვთ 2-3 გ ნატრიუმის კარბონატ, კარგად ურევენ ჯამის კედლებიდან საკვლევი ობიექტის სრულად მოცილების მიზნით, შემდეგ გადააქვთ ნაღობში დაწვის მიზნით. ნაღობს აცივებენ, ამუშავებენ 10-15 მლ მდუღარე წყლით. მიღებულ ხსნარში საზღვრავენ „ლითონური შხამების“ შემცველობას მოთხოვნის შესაბამისად.

სოდასთან და ნატრიუმის ნიტრატთან შედგომის მეთოდი მიუღებელია ვერცხლისწყალზე ანალიზის საწარმოებლად; ბიომასალაში მისი არსებობის

შემთხვევაში იგი აღდგება, რომელიც მთლიანად აქროლდება პროცესის ტემპერატურაზე:



2.13. ბიომასალის დაშლა მინერალიზაციით

მეთოდი ცნობილია აგრეთვე „სველი დანაცრების“ სახელწოდებით. მინერალიზაციისთვის გამოყენება ისეთი ძლიერი დამჟანგველები, როგორებიცაა: კონცენტრირებული გოგირდმჟავა, კონცენტრირებული აზოტმჟავა, ქლორის (VII) მჟავა, კალიუმის ქლორატი, წყალბადის ზეჟანგი. რიგ შემთხვევაში მიზანშეწონილად ითვლება ორ- ან სამკომპონენტიანი ნარევი: – გოგირდის და აზოტის მჟავათა ნარევი, გოგირდმჟავას და ამონიუმის ნიტრატის ნარევი, მარილმჟავას და კალიუმის ქლორატის ნარევი.

„სველი დანაცრების“ ხერხი გაცილებით სრულყოფილია და გამოდგება ნებისმიერი „ლითონური შხამის“ აღმოსაქნად ბიომასალაში. ამასთან საყურადღებოა, რომ „სველი დანაცრებით“ მინერალიზაცია მოითხოვს უსაფრთხოების განსაკუთრებულ ზომებს. ექსპერტი-ქიმიკოსი კარგად უნდა იყოს გაცნობილი გამოყენებული დამჟანგველის თვისებებს. უმკაცრესად უსაფრთხოების ზომების დაუცველობის შემთხვევაში მინერალიზაციისას შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ცხელი მჟავას შეფუთვის ამოსროლას კოლბიდან, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ტანსაცმლის, ხელების და სახის კანის, თვალების დაზიანება. ქლორის მჟავას, კალიუმის ქლორატის, წყალბადის ზეჟანგის გამოყენების შემთხვევაში მოსალოდნელია აცთქება, ამიტომ ბიოლოგიური მასის აღნიშნული მეთოდით დაშლისას აუცილებელია დამცავი სათვალეების ხმარება. ამასთან, მინერალიზაცია უნდა ხდებოდეს კარგი გაწოვის მქონე გამწოვ კარადაში.

ბიომასალის მინერალიზაციისთვის გამოყენებული ყველა რეაქტივი არ უნდა შეიცავდეს ტოქსიკოლოგიური მოქმედების მქონე ლითონთა, აგრეთვე დარიშხანის და სტიბიუმის ნაერთებს. დამჟანგველად გამოყენებულმა არასაკმარის სუფთა მჟავეებმა შეიძლება გამოიწვიოს მინერალიზატის გაჯუჭყიანება ლითონთა ნაერთებით, რომლებიც შეიძლება არც არსებობდეს ბიომასალაში. მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ის გარემოებაც, რომ „სველი დანაცრებით“ ბიომასალის დაშლისას ადგილი აქვს დიდი ოდენობით მჟავათა გამოყენებას, რის გამოც მჟავადან მინერალიზატში გადასული ლითონის რაოდენობა შეიძლება აღმოჩნდეს მნიშვნელოვნად დიდი, რაც უდავოდ ხელს შეუშლის ექსპერტული სამუშაოს წარმოებას.

შეცდომის თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა სათანადო სისუფთავის მჟავა-დამჟანგველის და წყალბადის ზეჟანგის გამოყენება. თუ მათი სისუფთავის ხარისხი არ არის ცნობილი, ექსპერტი-ქიმიკოსი ვალდებულია შეასრულოს ე.წ. „ფუჭი“ ცდა. ამ მიზნით აიღება მინერალიზაციისთვის განსაზღვრული რაოდენობის დამჟანგველი და წარმოებს მისი „სველი დანაცრების“ პროცესი საექსპერტოდ წარმოდგენილი ბიომასალის გარეშე. „მინერალიზაციით“ მიღებულ სითხეში ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვანი ლითონების შემცველობაზე უარყოფითი რეაქციის შემთხვევაში რეაქტივი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ექსპერტული სამუშაოს საწარმოებლად.

2.2. ბიომასალის დაშლა გოგირდის და აზოტის მჟავებით

ამჟამად „სველი დანაცრებით“ მინერალიზაციისთვის უმთავრესად გამოიყენება გოგირდის და აზოტის მჟავათა ნარევი მინერალიზაციის მეთოდი. მეთოდი გამოიყენება როგორც ცილებით მდიდარი ობიექტების, ისე ნახშირწყლებით მდიდარი კვების პროდუქტების და საფურაჟე მარცვლეულის გამოსაკელეად; იგი საშუალებას იძლევა ტოქსიკოლოგიურად მოქმედი ლითონების უმრავლესობის შემცველობაზე ვაწარმოთ ანალიზი.

მინერალიზაციის პროცესის დასაწყისში გოგირდმჟავა გამოდის როგორც წყალმართვეი აგენტი. შედეგად კონცენტრირებული გოგირდმჟავა იწვევს ბიომასალის შემადგენელი ქსოვილების და უჯრედების რღვევას. 110-120°C-ის ზემოთ გოგირდმჟავა აელენს ძლიერი დამჟანგველის ფუნქციას. თვითონ აღდგება SO₂-მდე. პროცესის დასაწყისში აზოტმჟავა აელენს სუსტი დამჟანგველის ფუნქციას. თვითონ აღდგება აზოტის დაბალ (IV, II) ოქსიდამდე. HNO₂-ის და NO-ს დაგროვების შედეგად იქმნება ავტოკატალიზური რეაქციისთვის ხელშემწყობი პირობები, რის გამოც მინერალიზაციის მეორე საფეხურზე კონცენტრირებული გოგირდმჟავა გამოდის როგორც ძლიერი დამჟანგველი.

ბიოლოგიური მასალის გოგირდის და აზოტის მჟავებთან ნარევის გახურების პროცესში შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს მჟავებით ცილოვანი ნივთიერებების ჰიდროლიზს და ფენოლური ჯგუფების ნიტრირებას და სულფირებას. ნიტრო- და სულფო-ნაერთების დაშლა მჟავებით გაძნელებულია, რაც მკვეთრად ამუხრუჭებს ბიომასალის მინერალიზაციის პროცესს. ნიტრირების და სულფირების პროცესების ხელშემწყობად ითვლება მაღალი ტემპერატურა და მჟავათა მაღალი კონცენტრაცია. ამის თავიდან აცილების მიზნით აიღება შედარებით დაბალი კონცენტრაციის მჟავათა ნარევი, რაც ხელს უწყობს გვერდითი პროცესების თავიდან აცილებას. ამავდროულად ადგილი აქვს მინერალიზაციის დაბალი ტემპერატურის შენარჩუნებას.

მინერალიზაციის პირველ სტადიაზე წარმოებს აზოტის (V) და გოგირდის (VI) მჟავებით ბიომასალის დესტრუქცია, რომელიც 30-40 წთ-ს გრძელდება.

დესტრუქცია არის ჟანგითი უნარის მქონე მჟავებით ბიოლოგიური მასალის სტრუქტურის რღვევა ორგანული ნივთიერებების არასრული დაშლით. დესტრუქციის შედეგად ბიოლოგიური მასალის შემადგენელი კომპონენტების დაშლის პროდუქტები გადადიან თხევად ფაზაში - დესტრუქტაზში. ესენია ცილოვანი ნივთიერებების მოლეკულები და მათი მჟაუური ჰიდროლიზის პროდუქტები, ლიპიდები და ცხიმიანი ქსოვილებში შემავალი სხვა ნივთიერებები, პეპტიდები, ამინომჟავები და სხვ. დესტრუქციის სიჩქარის გაზრდის მიზნით ბიომასალას უმატებენ ეთილის სპირტს, რომელიც პროცესზე კატალიზურად მოქმედებს.

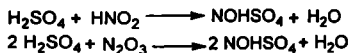
მინერალიზაციის მეორე სტადიაზე მიმდინარეობს თხევად ფაზაში მყოფი ორგანული ნივთიერებების დაშლა - დაჟანგვა გოგირდის და აზოტის მჟავებით. დაშლის მეორე სტადია გაცილებით ხანგრძლივია პირველთან შედარებით - გრძელდება 8-10 სთ.

ორგანულ ნივთიერებათა სრულად დაშლის მიზნით ნარევეს, გახურებისას, წვეთწვეთობით უმატებენ აზოტმჟავას. აზოტმჟავას დამატებისას ადგილი აქვს აზოტის ოქსიდების დიდი ოდენობით გამოყოფას, რაც თვალისთვის ადვილი შესამჩნევი ხდება თავისი მურა-წითელი შეფერილობის გამო. აზოტმჟავას არასაკმარისი რაოდენობით მიწოდებისას ადვილი აქვს ხსნარში არსებული გოგირდმჟავათი ორგანული ნივთიერებების დანახშირებას. შედეგად ნარევი იღებს მუქ მოშავო შეფერილობას. დანახშირებისას შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს სარეაქციო არიდან დარიშხანის და ვერცხლისწყლის აქროლვას, რის გამოც

საჭიროა მაქსიმალურად იქნას თავიდან აცილებული ორგანული ნივთიერების დანახშირება გოგირდმჟავათი.

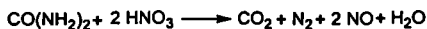
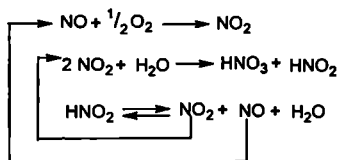
ბიოლოგიური მასის მინერალიზაცია ითვლება დამთავრებულად, თუ კოლების გახურების პირობებში აზოტმჟავას დამატების შეწყვეტის შემდეგ ადგილი არა აქვს მინერალიზაციის გაშვებას და ამასთან, თუ კოლების შიგთავსის ზემოდან შეინიშნება გოგირდმჟავას ორთქლი.

გოგირდის (VI) და აზოტის (V) მჟავეებით ბიომასალის დაშლისას ადგილი აქვს აზოტის ოქსიდების, აზოტოვანი მჟავას და ნიტროზილგოგირდმჟავას წარმოქმნას. ეს უკანასკნელი მიიღება აზოტოვანმჟავას და აზოტის ოქსიდების ურთიერთქმედებით გოგირდმჟავასთან:

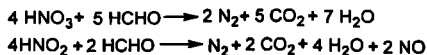


წარმოქმნილი ნიტროზილგოგირდმჟავა, აზოტის ოქსიდები და აზოტოვანი მჟავა ხელს უშლიან გამოსაქველევად წარმოდგენილ ობიექტში არსებული ზოგიერთი ლითონის განსაზღვრას, რის გამოც ბიომასალის დაშლის შედეგად მიღებული მინერალიზატი მოითხოვს დენიტრაციას – ხსნარის განთავისუფლებას აზოტის ოქსიდებისგან, ნიტროზილგოგირდმჟავასგან, აზოტის და აზოტოვანი მჟავეებისგან.

დენიტრაცია შეიძლება განხორციელდეს რომელიმე აღმდგენის გამოყენებით. აღმდგენად აპრობირებული და რეკომენდებულია ნაერთები: კარბამიდი $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, ნატრიუმის სულფიტი Na_2SO_3 და ფორმალდეჰიდი HCHO . დენიტრაციისას მიმდინარე შესაძლო რეაქციებია:



წარმოქმნილი აზოტის ოქსიდის ნაწილი პროცესის ტემპერატურაზე გამოიყოფა სითხიდან, ნაწილი განიცდის დაჟანგვას:



გაცილებით ეფექტურია აღმდგენად ფორმალდეჰიდის გამოყენება. დადგენილია, რომ ნატრიუმის სულფიტით დენიტრაციას 100°C -ზე სჭირდება 10-15 წთ. კარბამიდით დენიტრაციას (140°C -ზე) – 3-5 წთ, ხოლო ფორმალდეჰიდით დენიტრაციას (120°C -ზე) – 1-2 წთ. დენიტრაცია შეიძლება ჩაეტარათ აღმდგენის გარეშეც. მაღალ ტემპერატურაზე HNO_3 , HNO_2 და HNSO_3 იშლება აზოტის ოქსიდებად, რომლებიც გადადიან აირად ფაზაში და გამოიყოფიან ხსნარიდან, თუმცა პროცესი ხანგრძლივია და გრძელდება 15 – 17 სთ-ს.

მინერალიზაციის პროცესის მსგელობა. 400 - 600 მლ ტევადობის კელდელის კოლბაში შეაქეთ დაქუცმაცებული ბიომასალა 80 - 100გ ოდენობით, უმატებენ¹ H_2SO_4 -ის, HNO_3 -ის და გამოსხილი წყლის ნარევეს 75 მლ მოცულობით, ფარდობით 1 : 1 : 1. კოლბას ამაგრებენ შტატივზე აზბესტის ბადის 2 ზემოთ და მისგან 1 - 2 სმ დაცილებით. კოლბის ზემოთ ამაგრებენ გამყოფ ძაბრს 3, რომელშიც ჩასხმულია კონცენტრირებული აზოტმჟავა (1 : 1). ძაბრის ბოლო ჩაშვებულია კელდელის კოლბის ყელში ბიომასალიდან 3-5 სმ-ის სიმაღლეზე. აზბესტის ქვემოთ ათავსებენ სითბოს წყაროს.

კოლბის გაცხელებას იწყებენ ფრთხილად. ბიომასალის დაშლის პირველი სტადია გრძელდება 30-40 წთ-ს. დაშლის პირველი სტადიის შემდეგ ხსნარი იღებს გამჭვირვალე, მაგრამ მოყვითალო შეფერილობას. მოსალოდნელია მურა შეფერილობის მიღება. პირველი ეტაპის დასრულების შემდეგ კელდელის კოლბას სწევინ ქვემოთ ისე, რომ შეხებაში მოვიდეს აზბესტის ბადესთან. ამის შემდეგ იწყებენ კოლბის შიგთავსის სწრაფ გახურებას². ერთდროულად, კოლბაში აწვდიან აზოტმჟავას ულუფობით ისე, რომ ადგილი არ ჰქონდეს მურა შეფერილობის მქონე აზოტის ოქსიდების უხვად გამოყოფას ხსნარიდან. ცხიმების დაშლა უნდა წარმოებდეს აზოტმჟავას წყვეტი დამატების პირობებში წვეთწვეთობით, გამყოფი ძაბრიდან. ორგანული ნივთიერებების დაშლის პროცესი გრძელდება 3-4 სთ-ს. ნელი გახურების პირობებში და საკელეე ობიექტში დიდი რაოდენობით ცხიმების შემცველობისას დაშლის პროცესი გრძელდება საშუალოდ 6-8 სთ-ს. მინერალიზაცია ითვლება დასრულებულად, თუ კოლბაში მიღებული გამჭვირვალე სითხე აზოტმჟავას დამატების გარეშე გახურებისას, არ იღებს მოშავო შეფერილობას, ხოლო ხსნარის თავზე ადგილი აქვს გოგირდმჟავას თეთრი ორთქლის გამოწეწას. მიღებულ მინერალიზატს აცივებენ ოთახის ტემპერატურამდე, უმატებენ 15 მლ გამოსხილ წყალს, ხელახლა აცხელებენ კოლბის შიგთავსს 120-130°C-მდე და წვეთწვეთობით უმატებენ ფორმალინს დენიტრაციის მიზნით. მურა-წითელი, ნოჯჯერ ნარიინჯისფერი ორთქლის გამოყოფის შეწყვეტისთანავე წვეტერ ფორმალინის მიწოდებას და აგრძელებენ ხსნარის გახურებას კიდევ 8-10 წთ-ის განმავლობაში (ჭარბი ფორმალინის მოცილების მიზნით).

დენიტრაციის პროცესის დასრულების შემოწმების მიზნით, მინერალიზატის 1-2 წვეთს ათავსებენ სასაგე მინახე ან თეთრი ფერის ფაიფურის ფირფიტაზე, უმატებენ გოგირდმჟავაში დოფენილამინის ხსნარის ერთ წვეთს და აკვირდებიან ხსნარის ფერის შეცვლას. უარყოფითი რეაქციის შემთხვევაში დენიტრაცია ითვლება დამთავრებულად. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში იმეორებენ დენიტრაციის პროცესს.

გოგირდის და აზოტის მჟავებით ბიომასალის დაშლის შედეგად მიღებული მინერალიზატი წარმოადგენს უფერო ან ოდნავ მოყვითალო ფერის გამჭვირვალე სითხეს. სპილენძის (II), ქრომის (III), ტყეიის (II), ბარიუმის, კალციუმის, იონების არსებობის შემთხვევაში მინერალიზატი შეიძლება შეფერილი იყოს ამა თუ იმ ფერით ან შეიცავდეს ნალექს, ასე, მაგ., Cu^{2+} - იონების არსებობის შემთხვევაში ხსნარს (კონცენტრაციის მიხედვით) შეიძლება ჰქონდეს ცისფერი ან ლურჯი შეფერილობა. Cr^{3+} -ის შემთხვევაში - მომწვანო იისფერი. Ca^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} -ის იონების შემცველობის შემთხვევაში შეიძლება შეიმწვოდეს თეთრი ფერის ნალექი.

გოგირდის და აზოტის მჟავებით ნარევეთ მინერალიზაცია ხასიათდება რიგი უპირატესობებით მინერალიზაციის სხვა მეთოდებთან შედარებით, კერძოდ, პროცესი მიმდინარეობს შედარებით სწრაფად, მიიღება საკმაოდ მცირე მოცულობის

¹ ხსნარს მოცულობა აიღება 100 გრამ ბიომასალაზე გადითვლით.

² გახურების სიჩქარე ან შემთხვევაში ისეთი უნდა იყოს, რომ არ მოხდეს ორგანული ნივთიერებების, განსაკუთრებით კი ცხიმების დაწასობება.

³ დადებითი რეაქციის შემთხვევაში შეიმწვანა ლურჯი ფერის მიღება.

მინერალიზატი, ხასიათდება ორგანული ნაერთების დაშლის მაღალი ხარისხით. აქვს ნაკლოვანებებიც, კერძოდ, გოგირდის და აზოტის მჟავებით მინერალიზაცია არ გამოდგება ბიომასალაში ვერცხლისწყლის შემცველობის დასადგენად მინერალიზაციის პირობებში ამ უკანასკნელის აქროლადობის გამო.

უკანასკნელ წლებში რეკომენდაცია ეძლევა HClO_4 -ის, HNO_3 -ის და H_2SO_4 -ის ნარევით ბიომასალის მინერალიზაციის მეთოდს. ამ დროს ბიომასალის სრული დაშლა წარმოებს ორ-სამჯერ უფრო სწრაფად, ვიდრე H_2SO_4 -ის და HNO_3 -ის ნარევით დაშლისას. ამასთან მნიშვნელოვნად მცირება მიღებული მინერალიზატის მოცულობა, რითაც იზრდება მეთოდის მგრძნობიარობა. უნდა აღენიშნოთ, რომ ქლორის მჟავა HClO_4 ფუთქებად ნიეთიერებათა რიცხვს მიეკუთვნება, რის გამოც ბიომასალის დაშლა HClO_4 -ის, H_2SO_4 -ის და HNO_3 -ის ნარევით მოითხოვს მინერალიზაციის პროცესის ჩატარებას განსაკუთრებით მკაცრ პირობებში. მეთოდი არ გამოდგება ბიომასალაში ვერცხლისწყლის აღმოსაჩენად ამ უკანასკნელის ცდის პირობებში აქროლადობის გამო.

მინერალიზაციის მეთოდების შედარებითი დახასიათება მოცემულია მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 5

მინერალიზაციის მეთოდების შედარებითი დახასიათება

მინერალიზაციის მეთოდი	დაშლის დრო, სთ	რეაქტივის ხარჯი		მიღებული მინერალიზატის მოცულობა, მლ
		მჟავა, მლ	დამჟანგველი	
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HNO}_3$	4 - 7	(H_2SO_4) 25	(HNO_3) 70 - 90 მლ	22 - 24
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	66 - 70	(H_2SO_4) 200	(NH_4NO_3) 120 გ	184 - 195
$\text{HCl} + \text{KClO}_3$	30 - 46	(HCl) 250-400	(KClO_3) 20-40 გ	300 - 400
$\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$	2 - 3	(H_2SO_4) 25 (HClO_4) 20	(HNO_3) 60-80მლ	18 - 22

საკელეე ბიომასალაში ტყეიის, ბარიუმის, ვერცხლის და დიდი რაოდენობით კალციუმის არსებობის შემთხვევაში „სველი დანაცრების“ შედეგად მიღებული მინერალიზატი შედგება როგორც თხევადი, ისე მყარი ფაზისგან. სათანადოდ, ნალექში საეარაუდოდ შეიძლება გექონდეს ტყეიის და (ან) ბარიუმის სულფატები, ვერცხლის ქლორიდი, კალციუმის სულფატი. ნალექი თანადალექვის გამო შეიძლება შეიცავდეს რკინის (III), ალუმინის, ქრომის (III), თუთიის, სპილენძის იონებს. აღნიშნული იონებისგან განთავისუფლება წარმოებს ნალექის გარეცხვით გოგირდმჟავათი შემჟავებული წყლით.

ტყეიის (II) და ბარიუმის იონების გაყოფის მიზნით მინერალიზატს აზაეებენ 3-4-ჯერადი გამოხდილი წყლით, გადააქვთ მთლიანად კიმიურ ჭიქაში და ადულებენ 10 წთ-ის განმავლობაში. სითბოს მიწოდება ისე უნდა წარმოებდეს, რომ არ

მოხდეს სითხის შეხვედრის ამოსროლა ჭიქიდან. 24-საათიანი დაყოვნების შემდეგ ნალექს ფილტრავენ შეიძლებისდაგვარად, პატარა ფილტრზე, ფილტრს ჩარეცხავენ ცივი გამოსხილი წყლით. ფილტრატს I ჩანარეცხ წყალთან ერთად ინახავენ შემდგომი კვლევისთვის. ფილტრზე დარჩენილ ნალექს I იკელევენ ტყეის და ბარიუმის შემცველობაზე.

2.3. „ლითონური შხამების“ აღმოჩენა მინერალიზატში

ტყეის აღმოჩენა

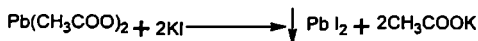
გოგირდმჟავას და აზოტმჟავას ნარევით ბიომასალის დაშლის შედეგად საფარაუდოდ მასში არსებული ტყეის გადადის ტყეის სულფატში, რომელიც მინერალიზაციის პირობებში უხსნად ნევრთს წარმოადგენს და რჩება მინერალიზატის გაფილტვრის შედეგად ფილტრზე დარჩენილ ნალექში (I)¹. ნალექი უნდა იყოს თეთრი ფერის და საფარაუდოდ შეიძლება შეიცავდეს ბარიუმის სულფატს, თუმცა ტყეის და ბარიუმის სულფატები თანადალექვის გამო შეიძლება შეიცავდნენ ქრომის, რკინის, კალიუმის და ზოგიერთი სხვა ლითონის იონს. ქრომის თანადალექვის შედეგად ნალექს შეიძლება ჰქონდეს მღვრიე-მომწვანე შეფერილობა. თანადალექილი იონებისგან გასუფთავების მიზნით ნალექს ჩარეცხავენ ჯერ 15-20 მლ გოგირდმჟავას 0.25 ნ ხსნარით, შემდეგ 10 მლ გამოსხილი წყლით.

ტყეის იზოლირების მიზნით ფილტრზე მოთავსებულ ნალექს შეამჯავებენ ამონიუმის აცეტატის ცხელი ხსნარით². ამ დროს მიიღება ტყეის ხსნადი აცეტატი, რომელიც გადადის ფილტრატში.

ანალიზის მსვლელობა ტყეის და ბარიუმის სულფატების ნარევეს 2-3-ჯერ ამუშავენ ამონიუმის აცეტატის ცხელი ხსნარით. ნალექის რაოდენობის მიხედვით ტყეის სულფატის გახსნისთვის საჭირო ხსნარის რაოდენობა თითოეულ დამუშავებაზე იცვლება 2-6 მლ-ის ფარგლებში. ამონიუმის აცეტატის ცხელი ხსნარით დამუშავების შედეგად წარმოქმნილი ტყეის აცეტატი გადადის ხსნარში (ფილტრატი II), ხოლო უხსნადი ბარიუმის სულფატი რჩება ფილტრზე (ნალექი II)³.

მინერალიზატში დიდი რაოდენობით ტყეის სულფატის შემცველობის შემთხვევაში ხსნარში ტყეის იონების არსებობა მოწმდება გოგირდმჟავასთან, კალიუმის იოდთან და კალიუმის ქრომატთან რეაქციებით, მცირე რაოდენობით შემცველობის შემთხვევაში – დითიზონატური მეთოდით და კალიუმის ნიტრიტთან და სპილენძის აცეტატთან რეაქციით.

რეაქცია კალიუმის იოდიდთან სინჯარაში შეაქეთ საკვლევი ხსნარის (ფილტრატი II) 0.5 მლ და კალიუმის იოდიდის 5%-იანი ხსნარის რამდენიმე წვეთი. ხსნარში ტყეის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს ტყეის იოდიდის ყვითელი ფერის ნალექის წარმოქმნას რეაქციით

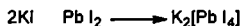


¹ -შენიშნავთ, რომ ტეტრაეთილტყეით მოწამულაზე ეჭვის გამოთქმის შემთხვევაში ბიომასალაიდან ტყეის იზოლირებისთვის იყენებენ წყლის ორთქლით გამოსხის მეთოდს.

² ამონიუმის აცეტატის ნაჯერი ხსნარის 160 მლ-ს უმატებენ 6 მლ ყინულოვან მჟარმჟავას და 94 მლ გამოსხილ წყალს.

³ მინერალიზატთან ტყეის სულფატის განცალკევება და მისი შემდგომი დამუშავება ამონიუმის აცეტატის ხსნარით შეიძლება როგორც გაფილტვრით, ისე ცენტრიფუგირებით.

ნალექი გაცხელებით ქრება (იხსნება), ხოლო გაციებისას ადგილი აქვს ხელახლა ნალექის წარმოქმნას ყვითელი ფერის მართკუთხა ფირფიტების სახით. ჭარბი რაოდენობით კალიუმის იოდიდის დამატება ხელს უშლის ტყეის აღმოჩენას ხსნადი კალიუმის ტყეითადაც – $K_2[PbI_4]$ წარმოქმნის გამო რეაქციით

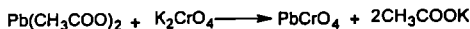


აწ



აღმოჩენის ზღვარი: 0.06 მკ სინჯში.

რეაქცია კალიუმის ქრომატთან. საკვლევი ხსნარის (ფილტრატი II) 0.5 მლ შეაქვთ სინჯარაში. უმატებენ კალიუმის ქრომატის 5%-იანი ხსნარის რამდენიმე წვეთს. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში ადგილი აქვს ნარინჯისფერ-ყვითელი ნალექის წარმოქმნას. ნალექის წარმოქმნა მიუთითებს ტყეის ქრომატის წარმოქმნაზე რეაქციით



აღმოჩენის ზღვარი: 2γ ტყეია სინჯში.

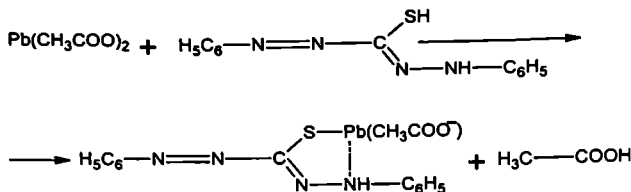
რეაქცია გოგირდმჟავასთან. სინჯარაში შეაქვთ საკვლევი ხსნარის (ფილტრატი II) 0.5 მლ და გოგირდმჟავას 10%-იანი ხსნარის 5 წვეთი. სინჯში ტყეის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს ნალექის სახით თეთრი ფერის ტყეის სულფატის წარმოქმნას. რეაქცია ნაკლებად მგრძნობიარეა და გამოდგება მხოლოდ დიდი რაოდენობით ტყეის არსებობისას სინჯში (0.4 მგ/მლ).

ტყეის აღმოჩენა დითიზონატური მეთოდით. საუარაუდოდ ტყეის აცეტატის შემცველი ხსნარი¹ (ფილტრატი II) გადააქვთ გამყოფ ძაბრში, უმატებენ ჰიდროქსილამინის ჰიდროქლორიდის (და არა სულფატის) 10%-იანი ხსნარის 1 მლ-ს. ნარეუს ანეიტრალებენ ამიაკის 4%-იანი ხსნარით (წვეთწვეთობით) ტუტე რეაქციის მიღებამდე (pH=8)². ამის შემდეგ გამყოფ ძაბრში შეაქვთ 3 მლ ქლოროფორმში და ქლოროფორმში დითიზონის 0.01%-იანი ხსნარი³ რამდენიმე წვეთი. ნარეუს კარგად ანჯღრევენ 3-5 წთ-ის განმავლობაში. ხსნარში ტყეის იონების არსებობის შემთხვევაში ქლოროფორმული ხსნარის მწვანე შეფერილობა გადადის წითელში ან ნარინჯისფერ-წითელში – ამ დროს ადგილი აქვს ტყეის დითიზონატის მიღებას რეაქციით

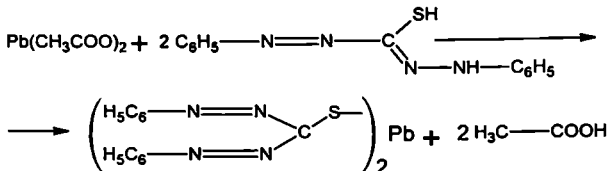
¹ მცირე რაოდენობით $PbSO_4$ -ის ნალექის არსებობის შემთხვევაში, ნალექის დამუშავებისთვის აღებული ამონიუმის აცეტატის ხსნარის საერთო რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 4 მლ-ს.

² pH-ის შემოწმება წარმოებს უნივერსალური ინდიკატორული ქაღალდით.

³ დითიზონის ხსნარის მომზადება იხილეთ დამატებაში.

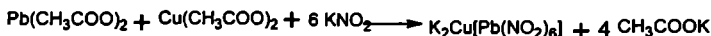


აბ



გამყოფ ძაბრში მოთავსებულ ქლოროფორმის და წყლის ფაზებს განაცალკე-
ვებენ. გამოყოფ ძაბრში ხელახლა შეჰყავთ დითიზონის 0.01%-იანი ხსნარის 3 მლ.
შეანჯღრევენ წყლის ფაზიდან ქლოროფორმის ფაზაში ტყეიის გადასვლის მიზნით.
დითიზონით ტყეიის ამოწვლილების პროცესს იმეორებენ მანამ, სანამ არ შეწყდება
ქლოროფორმის ფაზის მწვანე ფერის გადასვლა ნარიინჯისფერ-წითელში ან
წითელში. ტყეიის დითიზონატის შემცველ ქლოროფორმიან გამონაწურ ხსნარებს
აერთებენ, გადააქეთ გამოყოფ ძაბრში და უმატებენ კალიუმის ციანიდის 0.5%-იანი
ხსნარის 3 მლ-ს და ამავე რაოდენობის ამიაკის 0.05%-იან ხსნარს. ნარევეს
ანჯღრევენ 3-5 წთ-ის განმავლობაში. კალიუმის ციანიდის დამატებით წარმოებს
ქლოროფორმიან გამონაწურში საგარაუდოდ არსებული კატიონების შენიღბვა.
ტყეიის არსებობის შემთხვევაში ქლოროფორმის ფაზა ინარჩუნებს ნარიინჯისფერ-
წითელ შეფერილობას.

რეაქცია კალიუმის ნიტრიტთან და სპილენძის აცეტატთან. საათის მინაზე
ათავსებენ საკელევი ხსნარის (ფილტრატი III) 3-4 წვეთს, აორთქლებენ სრულ
გაშრობამდე და მიღებულ მშრალ ნაშთს (გაცივების შემდეგ) უმატებენ სპილენძის
აცეტატის 1%-იანი ხსნარის 1-2 წვეთს. მიღებულ ხსნარს ხელახლა აორთქლებენ
სრულ ამოშრობამდე. მშრალ ნაშთს უმატებენ მპარმეაგას 30%-იანი ხსნარის 2-3
წვეთს. მიღებულ ხსნარში ათავსებენ KNO_3 -ის მცირე ზომის კრისტალებს. ტყეიის
იონებზე დადებითი რეაქციის შემთხვევაში 10 წთ-ის შემდეგ მიკროსკოპის ქვეშ
უნდაა შეინიშნებოდეს შავი ან ყავისფერი კრისტალების წარმოქმნა გამოყოფ
ზედაპირზე. ამ დროს ადგილი აქვს რეაქციას



აღმოჩენის ზღვარი: 0.01 γ ტყეია სინჯში (0.15 მგ%).

დაკვირვებისას მხედველობის მთელ არეში შეიმჩნევა $\text{K}_2\text{Cu}[\text{Pb}(\text{NO}_2)_6]$ -ის შავი
ან ყავისფერი, მართკუთხა ფორმის ფირფიტოვანი კრისტალების წარმოქმნა (იხ.
სურ. 6).



სურ 6. კალიუმის, სპილენძის, ტყვიის კეჟსანიტრატის კრისტალები

კალიუმის იოდიდთან, კალიუმის ნიტრიტთან და სპილენძის აცეტატთან რეაქცია სპეციფიკურია ტყვიისათვის.

ბარიუმის აღმოჩენა

გოგირდის და აზოტის მჟავებით მინერალიზაციის შედეგად მიღებული ნალექის დამუშავების შემდეგ დარჩენილი ნალექი (ნალექი (II)) სავარაუდოდ ბარიუმის სულფატს წარმოადგენს. ბარიუმის შემცველ ნაერთებთან იდენტიფიცირების მიზნით აწარმოებენ ნალექში (II) ბარიუმის აღმოჩენის პროცესს გადაკრისტალების და $BaSO_4$ -ის აღდგენის მეთოდებით.

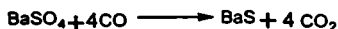
$BaSO_4$ -ის ნალექის გადაკრისტალება, იღებენ ნალექის ნაწილს, ათავსებენ სასაგნე მინაზე და შეათბობენ მსუბუქად გამოშრობის მიზნით. სინჯს აცხელებენ, უმატებენ 2-3 წვეთ გოგირდმჟავას და ხელახლა აცხელებენ. ხელმეორედ გაცივების შემდეგ მიკროსკოპის ქვეშ შეინიშნება ჯერის ფორმის და სწორკუთხა ფირფიტოვანი კრისტალები (სურ. 7).

აღმოჩენის ზღვარი $15\gamma Ba^{2+}$.



სურ 7. ბარიუმის სულფატის კრისტალები (გადაკრისტალების შემდეგ)

ბარიუმის სულფატის აღდგენის რეაქცია ბარიუმის სულფატის ნალექის (ნალექი (II) ნარჩენს ათავსებენ პლატინის მავთულის მარყუქზე, რომელიც შეაქვს სპირტქურის ალის ან აირის სანთურის ალის აღდგენით ნაწილში (ალის ზედა მესამე ნაწილი). ამ დროს ადგილი აქვს ბარიუმის სულფატის აღდგენას ბარიუმის სულფიდამდე რეაქციით

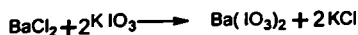


ამაედროულად, ალი იღებს მწვანე შეფერილობას. ალში 1-2 წთ-ით გაჩერების შემდეგ პლატინის მარყუქი რამდენიმე წამით შეაქვთ სასაგნე მინაზე წიასწარ მოთავსებული 10%-იანი მარილმჟეას 1-2 წვეთი რაოდენობის ხსნარში. პლატინის მარყუქზე მოთავსებული მასის გახურებას და სასაგნე მინაზე მოთავსებული 10%-იანი მარილმჟეას ხსნარში ჩაშვებას იმეორებენ მანამ, სანამ არ შეწყდება მარყუქის შეტანით ალის მიერ მწვანე შეფერილობის მიღება. ჩვეულებრივ პროცესი გეორდება 3-4-ჯერ. ამის შემდეგ, სასაგნე მინაზე მოთავსებულ ხსნარში ათავსებენ KIO_3 -ის მცირე ზომის კრისტალებს ან უმატებენ KIO_3 -ის ხსნარს. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში სასაგნე მინაზე მოთავსებულ ხსნარში მიკროსკოპის ქვეშ შეინიშნება $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ -ისთვის დამახასიათებელი კრისტალები (სურ. 8).



სურ. 8. ბარიუმის იოდატის კრისტალები

ამ დროს ადგილი აქვს რეაქციებს:

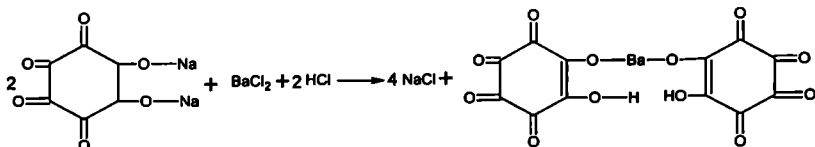


ალის მიერ მწვანე შეფერილობის მიღება და ასევე სასაგნე მინაზე მოთავსებულ ხსნარში $Ba(IO_3)_2$ -ისათვის დამახასიათებელი კრისტალების წარმოქმნა მოუთხოვს Ba -ის არსებობაზე ნალექში (II) და სათანადოდ – ბიომასალაში.

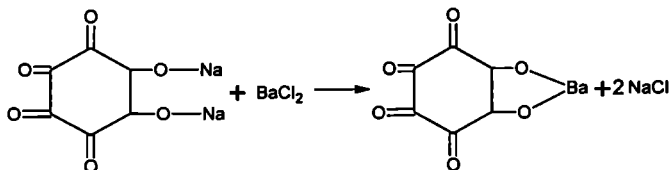
აღმოჩენის ზღვარი: 30% სინჯში.

სასაგნე მინაზე მოთავსებულ ხსნარში ბარიუმის აღმოჩენა შეიძლება აგრეთვე ნატრიუმის როდიზონატით.

ანალიზის მსვლელობა. ფილტრის ქაღალდს ასველებენ პლატინის მარყუქით დამუშავებული ხსნარით (იხ. ბარიუმის აღმოჩენა $BaSO_4$ -ის აღდგენის რეაქციით). ფილტრის დასველებულ ადგილზე ათავსებენ ნატრიუმის როდიზონატის 0.2%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში ფილტრზე მოთავსებული სითხის ლაქა იღებს მკვეთრ წითელ შეფერილობას. ნეიტრალურ გარემოში მოქმედებისას მიიღება მოწითალო-ყავისფერი შეფერილობის ნალექი. პირველ შემთხვევაში მიიღება ბარიუმის პიდროროდიზონატი (მჟავა მარილი), მეორე შემთხვევაში – ბარიუმის როდიზონატი (ნეიტრალური მარილი):



ბარიუმის პიდროროდიზონატი
(მკვეთრი – წითელი შეფერილობის ნალექი)



ბარიუმის როდიზონატი
(მოწითალო ყავისფერი ნალექი)

ნეიტრალურ გარემოში ხელშემშლელ იონად ითვლება Sr^{2+} . მჟავა გარემოში სტრონციუმის როდიზონატი გადადის პიდროროდიზონატში, რომელიც უფეროა.

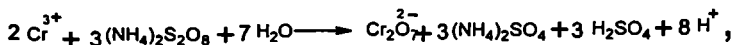
აღმოჩენის ზღვარი: 0.25% ბარიუმი სინჯში.

ქრომის აღმოჩენა

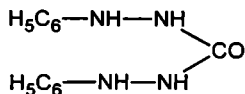
მარილის და აზოტის მჟავეებით ბიომასალის დაშლის შედეგად მიღებულ ხსნარში ქრომი ძირითადად იმყოფება Cr^{3+} -იონების სახით. ხსნარში ქრომის თვისებრივი განსაზღვრისთვის გამოყენებულია რეაქცია დიფენილკარბამიდთან და ქრომის მჟავას წარმოქმნის რეაქცია.

ქრომის აღმოჩენა დიფენილკარბაზინთან რეაქციით. თვისებრივი ანალიზი დამყარებულია ორვალენტური ქრომის მიერ დიფენილკარბაზონთან მოწითალო-

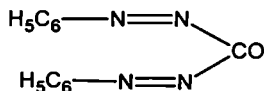
იისფერი შეფერილობის შიგაკომპლექსური მარილის წარმოქმნაზე. ბიომასალის დაშლის შედეგად მიღებულ ხსნარში საფარადოდ არსებული ქრომის სამეალენტიანი იონები ამონიუმის პერსულფატის დახმარებით გადაჰყავთ ქრომატ-იონებში:



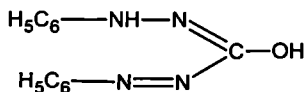
რომლებიც დიფენილკარბაზინის მოქმედებით აღდგებიან ორეალენტიანი ქრომის იონებამდე. დიქრომატ-იონების (CrO_7^{2-}) მოქმედებით დიფენილკარბაზინის ნაწილი იუნანება დიფენილკარბაზონამდე:



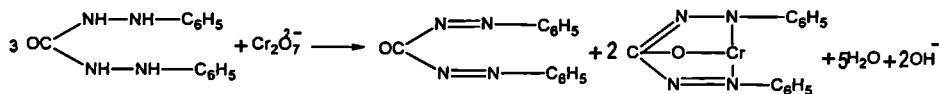
ნაწილი - დიფენილკარბაზონამდე:



რეაქციის შედეგად მიღებული დიფენილკარბაზონის ანოლის ფორმა



ურთიერთქმედებს ორეალენტიანი ქრომის იონებთან მოწითალო-იისფერი შეფერილობის შიგაკომპლექსური მარილის მიღებით. დიქრომატიონების დიფენილკარბაზინთან ურთიერთქმედების ჯამური რეაქცია შეიძლება დაიწეროს შემდეგნაირად:



ანალიზის მსგელობა. აზოტის და გოგირდის მჟავებით ბიომასალის დაშლის შედეგად მიღებული ხსნარის 1 მლ გადააქვთ სინჯარაში, უმატებენ 4 მლ გამობდილ წყალს, ვერცხლის ნიტრატის 10%-იანი ხსნარის ერთ წვეთს¹ და ამონიუმის პერსულფატის 0.5 გ-ს. ნარევს აცხელებენ მდულარე წყლის აბაზანაზე 20 წთ-ის განმავლობაში, შემდეგ უმატებენ ნატრიუმის ჰიდროფოსფატის ნაჯერი

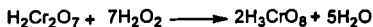
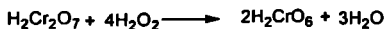
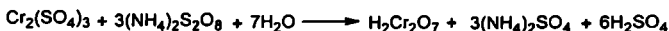
¹ ვერცხლის ნიტრატი ანალიზის მსგელობისას ასრულებს კატალიზატორის როლს.

ხსნარის ერთ მლ-ს¹. ნარევეს შეანჯღრევენ და წვეთწვეთობით ამატებენ NaOH-ის 5%-იან ხსნარს pH=1,6-მდე. მიღებულ ხსნარს უმატებენ ეთილის და აცეტილენის ნარევეში (1:1) დიფენილკარბაზიდის 0,25%-იან ხსნარს 1 მლ-ს და შეანჯღრევენ. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში სინჯარაში მოთავსებული ხსნარი ღებულობს მოწითალო-იისფერ შეფერილობას.

ალმოჩენის ზღვარი: 0,2γ ქრომი 1 მლ-ში.

ბიომასალაში ქრომის ალმოჩენის ზღვარი: 0,1 მგ%.

ქრომის ალმოჩენა ქრომშეკვას წარმოქმნის რეაქციით, Cr^{3+} -იონებს ჯერ ჟანგავენ დიქრომშეკვამდე ამონიუმის პერსულფატის მეშვეობით, შემდეგ ზექრომშეკვამდე წყალბადის ზეჟანგით. ზექრომშეკვას ფორმულა საბოლოოდ დადგენილი არ არის. ამჟამად გავრცელებული მოსაზრების მიხედვით ზექრომშეკვა შეიძლება არსებობდეს H_2CrO_6 -ის, H_3CrO_8 -ის ან H_7CrO_{10} -ის სახით. საკვლევ ხსნარში Cr-ის კონცენტრაციის მიხედვით მიღებულ ზექრომშეკვას შეიძლება ჰქონდეს ლურჯი ან მოლურჯო-ცისფერი შეფერილობა. ამ დროს მიმდინარე რეაქციებია:



ზექრომშეკვა წყალხსნარში სწრაფად იშლება თავისუფალი ჟანგბადის გამოყოფით. სტაბილურობის გაზრდის მიზნით ახდენენ მის ექსტრაჰირებას ორგანული გამხსნელებით (ამილის სპირტი, დიეთილეთერი, ეთილაცეტატი და სხვ.).

ანალიზის მსვლელობა. მინერალიზატის 5 მლ შეაქვთ სინჯარაში, წვეთწვეთობით უმატებენ ნატრიუმის პიდროქსიდის 30%-იან ხსნარს pH=7-მდე. ხსნარში დამატებით შეაქვთ მინერალიზატის ერთი მლ და მიღებულ ნარევეს შეანჯღრევენ. იმავე სინჯარაში უმატებენ ევრცხლის ნიტრატის 10%-იანი ხსნარის 1-2 წვეთს, ამონიუმის პერსულფატის 0,5 გ-ს და ნარევეს აცხელებენ მდულარე წყლის აბაზანაზე 20 წთ-ის განმავლობაში. ამის შემდეგ სინჯარას შიგთავსით აციებენ ყინულიან წყალში 10-15 წთ-ს. გაცივებულ ხსნარს უმატებენ ნატრიუმის პიდროფოსფატის ნაჯერი ხსნარის 1 მლ-ს და ამოწმებენ ხსნარის მჟავიანობას, რომელიც უნდა იყოს (1,5-1,7)-ის ფარგლებში. საჭიროების შემთხვევაში ახდენენ ხსნარის pH-ის კორექციას NaOH-ის 5%-იანი ხსნარის წვეთწვეთობით დამატებით. ამის შემდეგ სინჯარაში შეაქვთ ძმარშეკვა ეთერი ისეთი რაოდენობით, რომ სინჯარაში ეთერის ფენის სიმაღლემ შეადგინოს 5-6 მმ, უმატებენ წყალბადის ზეჟანგის 25-30%-იანი ხსნარის 2-3 წვეთს და ენერგიულად შეანჯღრევენ სინჯარას. ხსნარის მიერ ლურჯი ან ლურჯი-მოცისფრო შეფერილობის მიღება მიუთითებს ქრომის შემცველობაზე მინერალიზატში.

ალმოჩენის ზღვარი: 2γ ერთ მლ-ში (0,01 მგ სინჯოში).

ქრომის ალმოჩენის ზღვარი ბიომასალაში : 0,2 მგ%.

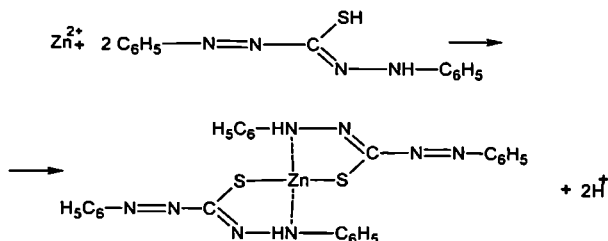
¹ ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატს უმატებენ რეაქციის ხელშემშლელი იონების (Fe^{3+} , Sb^{3+} და სხვ.) შენიღბვის მიზნით.

თუთიის აღმოჩენა

მინერალიზატში თუთიის იონების აღმოჩენა წარმოებს ორ საფეხურად. პირველ საფეხურზე შემოწმება ხდება საკელევე ხსნარში დითიზონთან რეაქციით. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში თუთიის აღმოჩენა მინერალიზატში წარმოებს დიეთილდითიოკარბამატის დახმარებით. უარყოფითი რეაქციის შემთხვევაში წყდება გამოკვლევა და კეთდება დასკვნა, რომ ბიომასალაში თუთია არ აღმოჩნდა.

რეაქცია დითიზონთან, თუთიის აღმოჩენა დითიზონით დამყარებულია იმაზე, რომ თუთიის დითიზონატი ქლოროფორმში იძლევა მეწამულ-წითელ შეფერილობას. დითიზონთან რეაქციით შეფერილობას იძლევა ბევრი სხვა ლითონიც (კადმიუმი, კობალტი, სპილენძი (II), ტყვია და სხვ.).

თუთიის იონები დითიზონთან ურთიერთქმედებით წარმოქმნის ერთნაირცვლელ ბუნებრივ დითიზონატს:



ანალიზის მსვლელობა. მინერალიზატის 1 მლ-ს ათავსებენ ჭიქაში, უმატებენ ნატრიუმის თიოსულფატის ნაჯერი ხსნარის 0.5 მლ-ს და კალიუმის პიკროსიდის 5%-იან ხსნარს წვეთწვეთობით pH=4.5-5.0-მდე¹. ნარევეს უმატებენ აცეტატური ბუფერული ხსნარის (pH=5) 1 მლ-ს, ხსნარს კარგად ურევენ და გადააქეთ გამყოფ ძაბრში, სადაც უმატებენ ქლოროფორმის ერთ მლ-ს, ქლოროფორმში დითიზონის 0.01 %-იანი ხსნარის² 4 წვეთს და მიღებულ ნარევეს კარგად შეანჯღრევენ. საკელევე შეფერილობა იცვლება მეწამულ-წითელ შეფერილობად.

აღმოჩენის ზღვარი: 0.25 γ სინჯში.

აღმოჩენის ზღვარი ბიომასალაში: 0.005 მგ%.

დადებითი რეაქციის შემთხვევაში ახდენენ ხსნარში სავარაუდოდ არსებული თუთიის შებოჭვას ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამატით და მის შემდგომ — ექსტრაქციას ქლოროფორმით.

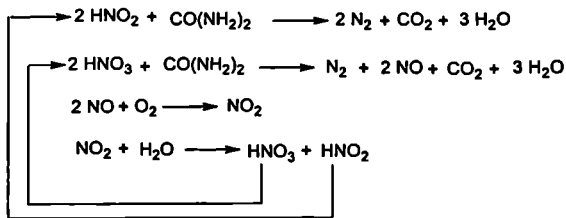
ვერცხლის წყლის აღმოჩენა

გოგირდის და აზოტის მჟავებით ბიომასალის დაშლის გზით ვერცხლისწყლის იზოლირება მიუღებელია: დაშლის პირობებში ვერცხლისწყლის მნიშვნელოვანი ნაწილი ორთქლდება, რაც შეიძლება გახდეს ქიმიკოს-ექსპერტის მიერ მისაღები შედეგების აშკარა გაყალბების მიზეზი. ვერცხლისწყლის დანაკარგების თავიდან აცილების მიზნით, ბიომასალიდან მის იზოლირებას ახდენენ ბიომასალის

¹ შემოწმება წარმოებს უნივერსალური ინდიკატორული ქაღალდით.

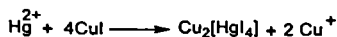
² დითიზონის ხსნარის მოზადება იხილეთ დამატებაში.

სტრუქტურის დარღვევით ძლიერი დამჟანგველებით ხსნარში გადასული ორგანული ნაერთების სრულად დაშლის გარეშე - დესტრუქციით. დესტრუქციის დროს ბიომასალის სტრუქტურის რღვევის შედეგად ხსნად ფორმაში გადადიან ლიპიდები, ცილოვანი ნივთიერებების და მათი ნაწილობრივი ჰიდროლიზით მიღებული ნაერთების მოლეკულები, ქსოვილების შემადგენელი სხვა ნივთიერებები. ორგანულ ნაერთებთან შეკავშირებული ვერცხლისწყალი ბიომასალის დესტრუქციის დროს ხსნარში გადადის. იონების სახით, რითაც შესაძლებელი ხდება მისი აღმოჩენა შესაბამისი თვისებრივი რეაქციებით. ამჟამად ბიომასალაში ვერცხლისწყლის აღმოსაჩენად გამოყენებულია აზოტის და გოგირდის მჟავებით დესტრუქციის მეთოდი. ამ მიზნით იღებენ გვაშის რომელიმე ორგანოს 20 გ-ს, ათავსებენ 100-150 მლ მოცულობის კონუსურ კოლბაში, უმატებენ 5 მლ გამოხდილ წყალს, 1 მლ ეთილის სპირტს (დესტრუქციის პროცესის დასაჩქარებლად) და 10 მლ კონცენტრირებულ აზოტმჟავას. კოლბაში მოთავსებულ ნარევს მცირე ულუფებით უმატებენ 20 მლ გოგირდმჟავას ისეთი სიჩქარით, რომ ადგილი არ ჰქონდეს აზოტის ოქსიდების გამოყოფას კოლბიდან. 10-15 წთ-ით ოთახის ტემპერატურაზე დაყოვნების შემდეგ ნარევს კონუსური კოლბით ათავსებენ მდულარე წყლის აბაზანაზე 10-20 წთ-ით. აზოტის ოქსიდების ძლიერი ინტენსიური გამოყოფის შემთხვევაში ნარევს უმატებენ 40-50 მლ გამოხდილ წყალს. 10-20 წთ-ით გაცხელების შემდეგ დესტრუქტატი აღარ უნდა შეიცავდეს ბიომასალის მყარ ნარჩენებს, წინააღმდეგ შემთხვევაში მყარ ნარჩენებს სრესენ მინის წკირით კოლბის კედელზე და კელაე აცხელებენ მდულარე წყლის აბაზანაზე 3-5 წთ-ით. მიღებულ დესტრუქტატს უმატებენ ორჯერადი მოცულობის გამოხდილ მდულარე წყალს და სწრაფად, გაციების გარეშე, ფილტრავენ გამოხდილი წყლით წინასწარ დასველებული ორმაგი ფილტრის ქაღალდზე. ფილტრის 2-3-ჯერ ჩარეცხავენ ცხელი წყლით. ფილტრატს და ჩანარეცხ წყლებს აერთებენ და გადააქვთ კოლბაში, რომელშიც აზოტმჟავას, აზოტოვანმჟავას და აზოტის ოქსიდების გამოდენის მიზნით წინასწარ ჩასხმულია კარბამიდის ნაჯერი ხსნარის 20 მლ, ამ დროს ადგილი აქვს რეაქციებს:



დესტრუქტატს აცივებენ და იკვლევენ ვერცხლისწყლის შემცველობაზე. ვერცხლისწყლის აღმოჩენას აწარმოებენ დითიზონთან რეაქციით ან სპილენძის (I) იოდიდის სუსპენზიასთან რეაქციით.

ვერცხლისწყლის აღმოჩენა სპილენძის (I) იოდიდის სუსპენზიასთან რეაქციით. რეაქცია დამყარებულია ვერცხლისწყლის იონების სპილენძის იოდიდთან ურთიერთქმედებით ნარინჯისფერ-წითელი შეფერილობის $\text{Cu}_2[\text{HgI}_4]$ მიღებაზე რეაქციით

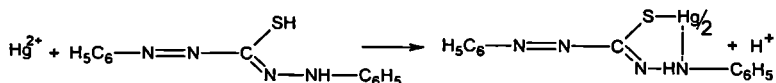


ანალიზის მსვლელობა. თეთროვლიან უნაცრო ფილტრის ქაღალდზე ათავსებენ CuI -ის სუსპენზიის ერთ წვეთს. 3-4 წთ-ის შემდეგ იმავე ადგილზე ათავსებენ საკვლევი ხსნარის ერთ წვეთს.

დადებითი რეაქციის შემთხვევაში წვეთის ადგილზე ფილტრის ქაღალდი იღებს ნარინჯისფერ-წითელ ან ნარინჯისფერ-მოყვარდისფრო შეფერილობას.

აღმოჩენის ზღვარი: 0,25 მკგ სინჯში (ზღვრული განზაგება - 1 200 000). თუთიის, სპილენძის (II), კალის (IV) იონები ხელს არ უშლიან ვერცხლისწყლის აღმოჩენას. თუ მათი კონცენტრაცია ასჯერადი სიჭარბით არ აღემატება სინჯში ვერცხლისწყლის იონების კონცენტრაციას. ვერცხლის და ბარიუმის იონები ვერცხლისწყალთან თანაფარდობით - 10:1 ამცირებენ რეაქციის მგრძნობიარობას. რკინა (III) 100:1 თანაფარდობით თითქმის არ ცვლის რეაქციის მგრძნობიარობას.

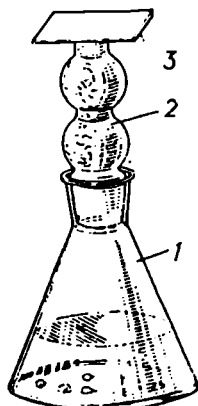
ვერცხლისწყლის აღმოჩენა დიტიზონთან რეაქციით. ვერცხლისწყლის (II) იონები დიტიზონთან მჟავა გარემოში იძლევა ნარინჯისფერ-ყვითელ შეფერილობას, ტუტე გარემოში - მეწამულ-წითელს. ფერი ელინდება ვერცხლისწყლის ერთნაწივლებული დიტიზონატის $\text{Hg}(\text{HDz})_2$ მიღების შედეგად რეაქციით



დ ა რ ი შ ხ ა ნ ი ს ა ღ მ ო ჩ ე ნ ა

მინერალიზატში დარიშხანის შემცველობის განსაზღვრისთვის სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზაში გამოყენებული და კარგად აპრობირებული მეთოდებია: არსინის (AsH_3) რეაქციები ვერცხლისწყლის ქლორიდთან ან ბრომიდთან, ვერცხლის დიეთილდითიოკარბამატთან და მარშის რეაქცია. ყველა ჩამოთვლილი მეთოდის გამოყენება მოითხოვს მინერალიზატში სავარაუდოდ არსებული დარიშხანის გადაყენას წყალში და მჟავა ხსნარებში უხსნად აირში - არსინში (AsH_3).

დარიშხანის აღმოჩენა ვერცხლისწყლის ქლორიდთან რეაქციით (ზანგერ - ბლეკის რეაქცია). დარიშხანის აღმოჩენა წარმოებს სპეციალურ ხელსაწყოში, რომელიც წარმოდგენილია მე-9 სურათზე. რეაქცია დამყარებულია საკვლე ხსნარში სავარაუდოდ არსებული დარიშხანის გადაყენაზე არსინში (AsH_3), რომელიც ვერცხლისწყლის ქლორიდის ან ბრომიდის ხსნარში წინასწარ დასეულებულ და გამშრალ ფილტრის ქაღალდთან შეხებისას ფილტრის ქაღალდს აძლევს მოყვითალო, ზოგჯერ მურა შეფერილობას.

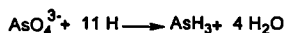
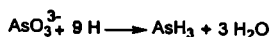
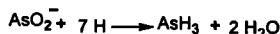
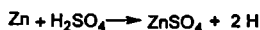


სურ. 9. ზანგერ - ბლეკის აპარატი

1 - კოლბა; 2 - ტყეიის აცეტატრით გაჟღენთილი ბამბის ტამპონი;
3 - გერცხლისწყლის ქლორიდით ან ბრომიდით გაჟღენთილი ფილტრის ქაღალდი

საკელეე ხსნარში საეარაუდოდ არსებული დარიშხანის ნაერთების გადაყვანა არსინში წარმოებს ატომური წყალბადით, რომელსაც იღებენ „ეუპირებული“¹ თუთიის ურთიერთქმედებით გოგირდმჟავაზე².

დარიშხანი მინერალიზატში შეიძლება არსებობდეს მეტარსენიტების (AsO_2), ორთარსენიტების (AsO_3^+) და არსენატების (AsO_4^{3-}) სახით. არსენატების და არსენიტების ურთიერთქმედებით ატომურ წყალბადთან მიიღება არსინი (AsH_3) რეაქციებით:

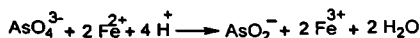


არსენატების აღდგენა არსინამდე წყალბადით გაცილებით ნელა მიმდინარეობს არსენიტებთან შედარებით. AsH_3 -ის წარმოქმნის პროცესის დაჩქარების

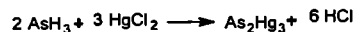
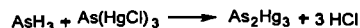
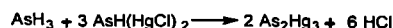
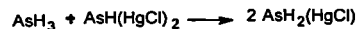
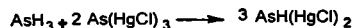
¹ დარიშხანისგან სუფთა თუთიის მარცვლებს კარგად რეცხავენ გამოხდილი წყლით, გააშრობენ და ათავსებენ რამდენიმე წამით სპილენძის სულფატის 0,05%-იან ხსნარში. ამის შემდეგ თუთიის მარცვლებს რეცხავენ გამოხდილი წყლით და აშრობენ.

² „ეუპირებული“ თუთია გამოირჩევა გოგირდმჟავასთან რეაქციის მაღალი სიჩქარით.

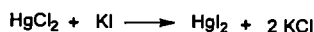
მიზნით წარმოებს AsO_4^{3-} -იონების წინასწარი აღდგენა არსენიტ-იონებამდე რკინის (II) ან კალის (II) იონების დახმარებით:



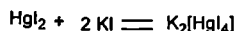
გამოყოფილი არსინის ურთიერთქმედებით გაჟღენთილი ფილტრის ქაღალდზე მოთავსებულ ვერცხლისწყლის ქლორიდთან მიიღება ღია ყვითელიდან მუქ-ყავისფერამდე შეფერილობის ნაერთები – $\text{AsH}_2(\text{HgCl})$, $\text{AsH}(\text{HgCl})_2$, $\text{As}(\text{HgCl})_3$ და As_2Hg_3 რეაქციებით:



ვერცხლისწყლის ქლორიდის ან ბრომიდის ხსნარით გაჟღენთილი ფილტრის ქაღალდი KI-ის განზავებულ ხსნარში მოთავსებით იღებს მოწითალო შეფერილობას. წითელი შეფერილობის მიღება განაპირობებს ვერცხლისწყლის იოდიდის მიღებას რეაქციით

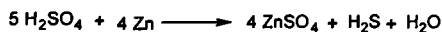


KI-ის კონცენტრირებული ხსნარით ფილტრის ქაღალდის დამუშავებით წითელი შეფერილობა ქრება, მოწითალო შეფერილობის მქონე HgI_2 -ის უფერო $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ -ში გადასვლის გამო რეაქციით



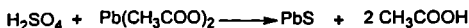
$\text{AsH}_2(\text{HgI}_4)$ -ში $\text{AsH}(\text{HgCl})_2$ -ის, $\text{As}(\text{HgCl})_3$ -ის და As_2Hg_3 -ის არსებობის შემთხვევაში ფილტრის ქაღალდზე რჩება ყვითელი ან მოყავისფრო შეფერილობის ლაქა.

აღმოჩენას ხელს უშლის გოგირდწყალბადი¹, რომელიც შეიძლება გამოიყოს გოგირდმჟავასთან თუთიის ურთიერთქმედების პროცესში რეაქციით



¹ გოგირდწყალბადი ვერცხლისწყლის იონებთან გვაძლევს შავი ფერის ნაერთს – HgS -ს.

H₂S-ის ხელშეშვლილი ფაქტორის მოსახსნელად გოგირდმჟავადან სავარაუდოდ გამოყოფილი არსინი HgCl₂-ით გაუღნითილი ფილტრის ქაღალდზე მოხვედრამდე უნდა გაიწმინდოს გოგირდწყალბადისგან. გაწმენდა წარმოებს ტყეიის აცეტატით გაუღნითილი ბამბის მეშვეობით, რეაქციით

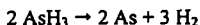


ანალიზის მსვლელობა. 50-100 მლ ტვეადობის კონუსურ კოლბაში შეაქეთ მინერალიზატის 2 მლ, გოგირდმჟავას 33%-იანი ხსნარის 10 მლ, 5 მლ გამოსხილი წყალი და 50%-იან გოგირდმჟავაში მომზადებული კალის (II) ქლორიდის 10%-იანი ხსნარის 1 მლ. ხსნართა ნარევეში ჩაძირავენ „ჟუპირებული“ თუთიის 3-4 მარცვალს. კოლბის ყელში ათავსებენ ტყეიის აცეტატით წინასწარ გაუღნითილ და გამშრალ ბამბას, თავზე ახურავენ წინასწარ ვერცხლისწყლის ქლორიდით გაუღნითილ და გამშრალ ფილტრის ქაღალდს და ტოვებენ ოთახის ტემპერატურაზე 50-60 წთ-ის განმავლობაში. დაყოვნების შემდეგ თუ ფილტრის ქაღალდმა არ მიიღო თვალით შესამჩნევი ყვითელი ან ყავისფერი შეფერილობა, ქაღალდს ასველებენ კალიუმის იოდიდის 3%-იანი ხსნარით. შედეგად ფილტრის ქაღალდი იღებს მოწითალო შეფერილობას. მინერალიზატში დარიშხანის არსებობის შემთხვევაში შეწითლებული ფილტრის ქაღალდის ჩაშვებით კალიუმის იოდიდის ნაჯერ ხსნარში სიწითლე ქრება და ქაღალდზე რჩება ყვითელი ან ყავისფერი ლაქა.

აღმოჩენის ზღვარი: 0,1 მკ სინჯში.

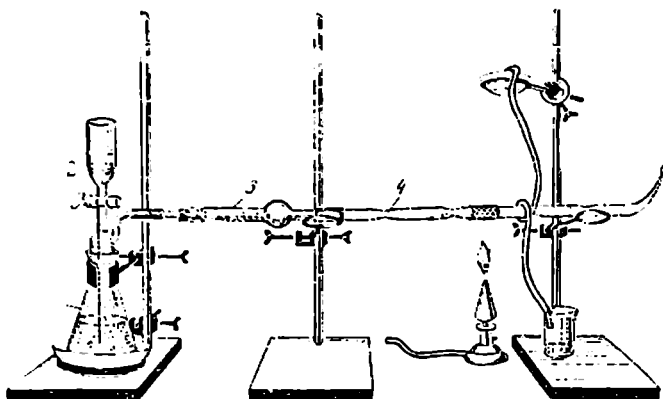
აღმოჩენის ზღვარი ბიომასალაში: 0,01 მგ %.

დარიშხანის აღმოჩენა მარშის რეაქციით. რეაქცია დამყარებულია წყალბადით დარიშხანის აღდგენაზე არსინამდე და მიღებული არსინის თერმულ დაშლაზე რეაქციით



ამ დროს გამოყოფილი დარიშხანის ორთქლი კონდენსირდება აღმდგენი მილაკის ცივ კედლებზე ე.წ. „დარიშხანის სარკის“ სახით. მარშის რეაქციით დარიშხანის აღმოჩენის მეთოდი ითვლება უნივერსალურად ყველა სხვა მეთოდთან შედარებით.

ანალიზი წარმოებს სპეციალურ დანადგარში, რომელიც წარმოდგენილია მე-10 სურათზე. დანადგარი შედგება სამი ნაწილისაგან: პირველ ნაწილს წარმოადგენს 100-150 მლ ტვეადობის კონუსური კოლბა მიხეხილი საცობით. ეს უკანასკნელი აღჭურვილია წვეთური ძაბრით და აირგამყვანი მილაკით. მეორე ნაწილს წარმოადგენს უწყლო კალციუმის ქლორიდით სავსე მილაკი, ხოლო მესამე ნაწილს – რამდენიმე ადგილზე შევიწროებული ცეცხლამძლე მინის მილაკი (აღმდგენი მილაკი), დიამეტრით 4 მლ. შევიწროების ადგილებზე მილის დიამეტრი არ უნდა აღემატებოდეს 1,5 მმ-ს. აღმდგენი მილაკის დაბოლოება მოხრილია გაშლილი კუთხით და შევიწროებულია (დიამეტრი 1,5 მმ). სამივე ნაწილი შეერთებულია ერთმანეთთან პირისპირ პერმეტულად რეზინის მილაკების დახმარებით. მილაკის ერთ-ერთ (შუა) ფართო ნაწილს აქვს ფოლადის თხელი ფურცლის შემონაფენი მინის მილის კედლების თანაბრად გახურების მიზნით.



სურ. 10. მარშის აპარატი.

- 1 - სარეაქციო კოლბა; 2 - წვეთური ძაბრი; 3 - მილაკი კალციუმის ქლორიდით;
4 - აღმდგენი მილაკი

მარშის აპარატით დარიშხანის აღმოჩენა მოიცავს სამ ეტაპს. პირველ ეტაპზე წარმოებს დანადგარის, „კუპირიებული“ თუთიის და გოგირდმჟავას შემოწმება დარიშხანის შემცველობაზე, მეორე ეტაპზე - დარიშხანის აღმოჩენა საკვლე ხსნარში, აღმდგენი მილაკის ცივ კედლებზე „დარიშხანის სარკის“ წარმოქმნით. მესამე ეტაპზე მოწმდება მინის მილის ცივ კედლებზე დაფენილი ფიფქის იდენტიფიცირება დარიშხანთან.

დანადგარის და რეაქტივების სისუფთავეზე შემოწმების მიზნით კოლბაში 1 შეაქვთ „კუპირიებული თუთიის“ მარცვლების 10 გ. კოლბას თავს ახურავენ წვეთოვანი ძაბრით და გამყვანი მილით აღჭურვილი მიხეხილი საცობით და აწყობენ დანადგარს ისე, როგორც ზემოთ არის აღწერილი. ძაბრში ათავსებენ გოგირდმჟავას 10%-იანი ხსნარის 30 მლ-ს და იწყებენ მცირე ულუფებით (4-5 მლ ოდენობით) მჟავას მიწოდებას კოლბაში ძაბრიდან. მარშის აპარატში (კოლბაში) პაერის მოხვედრის თავიდან აცილების მიზნით ძაბრში მჟავას მინიმალური რაოდენობა არ შეიძლება იყოს 8-10 მლ-ზე ნაკლები. დანადგარის სისტემაში პაერის მოხვედრა შეიძლება გახდეს დანადგარის აფეთქების მიზეზი. ამასთან, მარშის აპარატი უნდა მოეწყოს ცეცხლის წყაროდან და სახურებელი მოწყობილობებიდან მოშორებით აფეთქების საფრთხის თავიდან აცილების მიზნით. კოლბაში მჟავას მიწოდების დაწყებიდან პირველი 15-20 წთ-ის განმავლობაში ადგილი აქვს სისტემაში არსებული პაერის გამოძევებას გამოყოფილი წყალბადით. წყალბადის გამოყოფის დაწყებიდან 20-25 წთ-ის შემდეგ ამოწმებენ, სრულად გამოიდგენა თუ არა პაერი სისტემიდან. ამ მიზნით აღმდგენი მილაკის ზემოთ შეტრიალებულ თავისუფალ (შევიწროებულ) ბოლოზე გადმოპირქევაებით იჭერენ ვიწრო სინჯარას, სიგრძით 5 - 10 სმ. 4 - 5 წთ-ის შემდეგ სინჯარას გადმოტრიალების გარეშე თავს ახურავენ თითოთ, მოაცილებენ აღმდგენ მილაკს და აანთებენ. ხელსაწყოდან პაერის სრული გამოდგენის შემთხვევაში წყალბადი უნდა აინთოს მცირე აფეთქების გარეშეც კი, წინააღმდეგ შემთხვევაში აგრძელებენ წყალბადით პაერის გამოდგენას სისტემიდან. პაერის სრულ გამოდგენას ამოწმებენ ყოველი 4 - 5 წთ-ის შემდეგ.

სისტემიდან პაერის სრულად გამოდენაში დარწმუნების შემდეგ მარშის აპარატის აღმდგენი მილაკის ბოლოდან გამომავალ წყალბადს აანთებენ. დარიშხანის არსებობის შემთხვევაში ალი იღებს მოლურჯო შეფერილობას¹.

როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი შედეგის მიღების შემთხვევაში აგრძელებენ რეაქტივების შემოწმებას დარიშხანის შემცველობაზე. ამ მიზნით აღმდგენი მილაკის მეტადლური ფირფიტის ნაწილს აცხელებენ ღია ცეცხლის ალით მუქ წითელ ნათებად (~500°C), იმედროულად მეტალური ფირფიტის შემოხვეული ნაწილის გაგრძელებაზე არსებულ შევიწროებულ ნაწილზე შემოახვევენ ბამბის ქსოვილისგან დამზადებულ, წყალში დასველებულ პატრუქს, რომლის ერთი ბოლო ჩაშვებული იქნება მილის ზემოთ მოთავსებულ წყლიან ფაიფურის ჯაშში, მეორე ბოლო – მილის ქვემოთ მოთავსებულ ჭიქაში, ჩამოდენილი სითხის შეგროვების მიზნით. წყალბადის ნაკადის სიჩქარის შემცირების შემთხვევაში აგრძელებენ ძაბრიდან კოლბაში მჟავას დამატებას. დაუშვებელია დიდი ულუფებით მჟავას დამატება კოლბაში. ამ დროს ადგილი აქვს წყალბადის ინტენსიურ გამოყოფას. ეს უკანასკნელი აღადგენს არა მარტო დარიშხანს, არამედ SO_4^{--} -იონსაც თავისუფალ გოგირდამდე² რეაქციით



გახურების დაწყებიდან ერთი საათის შემდეგ ამოწმებენ მილის პატრუქით შემოხვეულ ნაწილს მეტალისებრ მბრწყინავი შავი ფერის ნაფიფქის არსებობა-არარსებობაზე. თუ ორივე ზემოთ აღწერილი მეთოდით შემოწმებისას მიღებული იქნება უარყოფითი რეაქცია, კეთდება დასკვნა, რომ რეაქტივები ვარგისია დარიშხანის შემცველობაზე მინერალიზატის ან სხვა რომელიმე საკვლევი ხსნარის შესამოწმებლად.

მინერალიზატის შემოწმება. მარშის აპარატის კოლბაში შეაქეთ დარიშხანი-სგან თავისუფალი „უკირებელი“ თუთიის მარცვლების 10 გ, ხოლო წვეთურ ძაბრში – დარიშხანისგან თავისუფალი გოგირდმჟავას 33%-იანი ხსნარის 30 მლ. ძაბრიდან პერიოდულად აწვდის გოგირდმჟავას მცირე ულუფებით (4 – 5 მლ). წყალბადის გამოყოფის დაწყებიდან 20 – 25 წთ-ის შემდეგ ამოწმებენ, სრულად არის თუ არა გამოდენილი პაერი სისტემიდან. ერთდროულად ამოწმებენ მჟავას რაოდენობას ძაბრში, რომელიც არ უნდა იყოს 8-10 მლ-ზე ნაკლები. საჭიროების შემთხვევაში ძაბრში ამატებენ გოგირდმჟავას 33%-იან ხსნარს.

პაერის სრულად გამოდენის შემდეგ ძაბრში ამატებენ 20 მლ მინერალიზატს და 50%-იან გოგირდმჟავაში SnCl_2 -ის 10%-იანი ხსნარის 2 მლ-ს ხელშემშლელი იონების (Fe^{++} , Cu^{++} , Fe^{++} , Hg^{++}) შენიღბვის მიზნით. წვეთურ ძაბრში მოთავსებულ სითხეს, მცირე ულუფებით, 30 – 40 წთ-ის განმავლობაში აწვდის მარშის აპარატის კოლბაში. ერთდროულად ახურებენ აღმდგენი მილის ლითონური ფურცლით შემოხვეულ ნაწილს. ამავდროულად, მილის შევიწროებულ ნაწილს შემოახვევენ ბამბის ქსოვილისგან დამზადებულ სველ პატრუქს, რომლის ერთი ბოლო ჩაშვებულია მილის ზემოთ მოთავსებულ წყლიან ჯაშში ან ტიგელში, მეორე – მილის ქვემოთ მოთავსებულ ჭიქაში. გახურების დაწყებიდან 20 – 30 წთ-ის გასვლის შემდეგ ამოწმებენ მილის პატრუქით შემოხვეულ შევიწროებულ ნაწილს დარიშხანის ნაფიფქის არსებობაზე. ნაფიფქის არსებობამ, მისმა

¹ შემოწმების ოპერაციის ჩატარება დასაშვებია მხოლოდ პაერის სრულად გამოდენის შემთხვევაში. პაერის თუნდაც უმნიშვნელო რაოდენობით სისტემაში არსებობის შემთხვევაში მოსალოდნელია აფეთქება, რაც შეიძლება გახდეს უბედური შემთხვევის მიზეზი.

² გამოყოფილი გოგირდი დაიღებება აღმდგენი მილაკის ციფ ნაწილში, რაც ხელს უშლის რეაქტივების დარიშხანის შემცველობაზე შემოწმებას.

გარეგნულმა სახემ და ადგილმდებარეობამ შეიძლება მიგვანიშნოს დარიშხანის არსებობაზე საკელეე ხსნარში (მინერალიზატში). გარეგნული ნიშნების მიხედვით საბოლოო დასკვნების გამოტანა დაუშვებელია. გარდა ამისა, ნაფიფქი შეიძლება იმდენად მცირე იყოს, რომ მისი არსებობა შეუიარაღებელი თვალით შეუძლებელი იყოს, ამიტომ მიღში ნაფიფქის არსებობას და დარიშხანისადმი მის მიკუთვნებას ამოწმებენ სპეციალური მეთოდებით. ქვემოთ მოცემულია ზოგიერთი მათგანი.

1. მარშის აპარატის მილაკიდან გამოშვებულ წყალბადს ანთებენ, მინერალიზატში დარიშხანის არსებობის შემთხვევაში ალი იღებს მოლურჯო შეფერილობას.
2. ალში შეაქეთ ფაიფურის ცივი ნაკეთობა (ფირფიტა, ტიგელის თავსახური და სხვ.). მინერალიზატში დარიშხანის არსებობის შემთხვევაში ფაიფურის ცივი ნაკეთობა დაიფარება მურა ნაფიფქით.
3. ნაფიფქის შემოწმება. გახურების დაწყებიდან 20–30 წთ-ის განმავლობაში ნაფიფქის წარმოქმნა წარმოებს მხოლოდ დიდი რაოდენობით დარიშხანის არსებობისას მინერალიზატში. მცირე რაოდენობით არსებობისას აღნიშნულ დროში არ ხდება ნაფიფქის წარმოქმნა. ამ შემთხვევაში პროცესს აგრძელებენ ერთ საათამდე, თუმც ნაფიფქის წარმოქმნაც არ არის საკმარისი ჭეშმარიტი დასკვნების გასაკეთებლად. ნაფიფქი შეიძლება წარმოქმნას სტიბიუმმა, სელენმა, გოგირდმა, ნახშირმა. ნაფიფქებს შორის არის თვალთ შესამჩნევი განსხვავება, ასე, მაგ., დარიშხანის ნაფიფქისგან განსხვავებით სტიბიუმს აქვს მქრქალი-მოშავო შეფერილობა, სელენს – რუხი, გოგირდს – მოყვითალო ან ოდნავ მურა, ნახშირს – მკეთრი შავი შეფერილობა¹. ამასთან, სტიბიუმის ნაფიფქის დალექვა ხდება არა მხოლოდ მილის გახურებული ნაწილის შემდეგ, როგორც ამას ადგილი აქვს დარიშხანის შემთხვევაში, არამედ გახურებული ნაწილის ორივე მხარეს. ამის მიზეზი ის არის, რომ არსინი გაცილებით დაბალი სიჩქარით იშლება გახურებით, ვიდრე სტიბიუმწყალბადი (SbH_3).

ნაფიფქის შემდეგი შემოწმების მიზნით, აღმდგენ მილაკს მოაცილებენ ალის წყაროს, ხსნაან აპარატიდან და მილაკის ნაფიფქით დაფარულ უბანს ახურებენ. ამ დროს ადგილი აქვს მინის მილის კედლებზე დალექილი ნაფიფქის დაწეას. დაწეისას გოგირდის და ნახშირის ნაფიფქი გადადის შესაბამისად SO_2 -ში და CO_2 -ში, ხოლო დარიშხანი და სტიბიუმი გადადიან ოქსიდებში (As_2O_3 , Sb_2O_3), რომლებიც ილექებიან მინის მილაკის ცივ უბნებზე. დარიშხანის ოქსიდის კრისტალებს აქვთ ოქტაედრის ფორმა, რაც კარგად ჩანს მიკროსკოპის ქვეშ, მაშინ როდესაც სტიბიუმის ოქსიდი ამორფული ნაერთია. ოქტაედრული ფორმის კრისტალების წარმოქმნა მნიშვნელოვანი საფუძველია დარიშხანის არსებობაზე დასკვნების გასაკეთებლად.

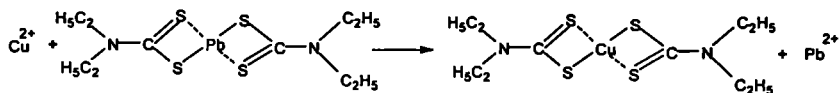
ს პ ი ლ ე ნ ძ ი ს ა ღ მ ო ჩ ე ნ ა

მინერალიზატში სპილენძის აღმოჩენა დამოკიდებულია Cu^{++} - იონების გადაყვანაზე სპილენძის დიეთილდითიოკარბამატის ფორმაში და ქლოროფორმით მის შემდგომ ექსტრაქციაზე. ქლოროფორმით ექსტრაქტირებულ სპილენძის დიეთილდითიოკარბამატს შლიან ეერცხლის ქლორიდით. დიეთილდითიოკარბამატის ფორმიდან განთავისუფლებული სპილენძის (II) იონების აღმოჩენა წარმოებს

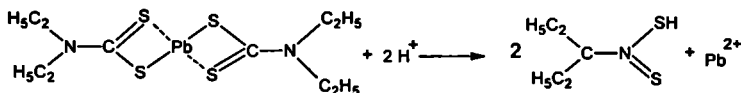
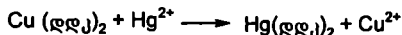
¹ მინერალიზატში ორგანული ნაერთების არსებობის შემთხვევაში შესაძლებელია გოგირდმჟავათი მათი დანახშირება.

ამონიუმის ტეტრაოქსოპერკუპრატთან, კალიუმის პექსაციანოფერიტთან და პირიდინ-როდანიდის რეაქტივთან რეაქციებით.

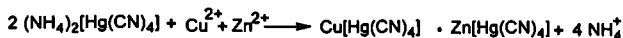
50 - 100 მლ ტეპელობის ჭიქაში გადააქეთ მინერალიზატის 10 მლ, უმატებენ 2,4-დინიტროფენოლის 0,1%-იანი სპირტხსნარის (ინდიკატორი) 2 - 3 წვეთს, შემდეგ - მცირე უღუფებით ამიაკის 25%-იან ხსნარს $\text{pH} = 3$ -მდე. ამ დროს ხსნარი იღებს ყვითელ შეფერილობას. მიღებული ხსნარი გადააქეთ გამყოფ ძაბრში, რომელსაც უმატებენ ტყეიის დიეთილდითიოკარბამატის ქლოროფორმიანი ხსნარის 5 მლ-ს. ნარევეს ანჯღრევენ 1-2 წთ-ის განმავლობაში. ხსნარი იღებს ყვითელ ან ყავისფერ შეფერილობას. ხსნარის შეფერვა წარმოებს არა მარტო ბიომასალაში ჭარბი რაოდენობით სპილენძის არსებობის შემთხვევაში, არამედ - ბუნებრივად ბიომასალაში სპილენძის არსებობის შემთხვევაშიც. ქლოროფორმიანი ექსტრაქტი გადააქეთ მეორე გამყოფ ძაბრში, სადაც ამატებენ მარილმჟავას 20%-იან ხსნარის 5 მლ-ს ჭარბი ტყეიის დიეთილდითიოკარბამატის დასამლედად. შენჯღრევის შემდეგ აცილებენ მჟავას და მჟავათი განარევენ ქლოროფორმიან ექსტრაქტს რეცხავენ გამოსხილი წყლით. ამის შემდეგ ქლოროფორმიან გამონაწურს წვეთწვეთობით უმატებენ ევრცხლისწყლის (II) ქლორიდის 1%-იან ხსნარს წვეთწვეთობით და ანჯღრევენ ქლოროფორმიანი გამონაწურის სრულ გაუფერულე-ბამდე. გამყოფ ძაბრში უმატებენ 2 მლ გამოსხილ წყალს და ხელახლა ანჯღრევენ 2-3 წთ-ის განმავლობაში. მიღებულ წყლის ფაზას, რომელსაც აცილებენ ქლოროფორმს, იკელევენ სპილენძის იონების შემცველობაზე. ამ დროს მიმდინარე რეაქციებია:



სპილენძის დიეთილდითიოკარბამატი (Cu(დღკ))



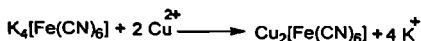
აღმოჩენა ამონიუმის ტეტრაოქსოპერკუპრატთან რეაქციით აღმოჩენა დამყარებულია სპილენძის თუთიის იონებზე ამონიუმის ტეტრააციანოპერკუპრატის მოქმედებით ლილისფერ-მოვარდისფრო ან იისფერი შეფერილობის ნაერთის $[\text{Cu}[\text{Hg}(\text{CN})_4] \cdot \text{Zn}[\text{Hg}(\text{CN})_4]]$ მიღებაზე რეაქციით



თუთიის იონების დამატების გარეშე ადგილი აქვს მოყვითალო-მწვანე შეფერილობის ნალექის სახით სპილენძის ტეტრააციანოპერკუპრატის მიღებას.

რეაქციის მსვლელობა. ქლოროფორმისგან მოცილებული წყლის ფაზის 0,5 მლ გადააქეთ სინჯარაში, უმატებენ თუთიის სულფატის 5%-იანი ხსნარის რამდენიმე წვეთს და ამონიუმის ტეტრაოქსოპერკუპრატის ხსნარის 3-4 წვეთს. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში მიიღება იისფერი ან ლილისფერ-ვარდისფერი ნალექი. აღმოჩენის ზღვარი: 0,05 მკგ სინჯში.

აღმოჩენა კალიუმის პექსაციანოფერიტთან რეაქციით. $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ იონებთან ურთიერთქმედებით სპილენძის (II) იონები იძლევა მურა-წითელი ფერის ნალექს $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ -ის სახით:



ანალიზის მსვლელობა. საკვლევი ხსნარის 0,5 მლ-ს ათავსებენ სინჯარაში და უმატებენ კალიუმის პექსაციანოფერატის (II) 5%-იანი ხსნარის ორ წვეთს. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში მიიღება მურა-წითელი ფერის ნალექი.

აღმოჩენის ზღვარი: 0,1 მკგ სინჯში.

2.4. „ლითონური შხამების“ აღმოჩენა ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრით

„ლითონური შხამის“ აღმოჩენა წარმოებს ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრით. სპექტრომეტრით შესაძლებელია პრაქტიკულად ყველა ლითონის აღმოჩენა როგორც ბიომასალაში, ისე ნებისმიერ საკვლევ ობიექტში.

ატომურ-ემისიურ სპექტრომეტრზე „ლითონური შხამის“ აღმოჩენისთვის საჭიროა ბიომასალიდან „ლითონური შხამების“ იზოლირება მინერალიზაციით და ამ გზით მათი გადაყვანა წყალში ხსნად იონურ ფორმაში.

აღამიანის ორგანიზმი ბიოელემენტების სახით ბუნებრივად შეიცავს თითქმის ყველა ლითონს [1]. ატომურ-ემისიურ სპექტრომეტრით „ლითონური შხამების“ აღმოსაჩენად საჭიროა მათი %-ული შემცველობის ცოდნა როგორც საერთოდ ორგანიზმში, ისე მის სხედასხვა ორგანოში. წარმოებს ხელსაწყოს წინასწარი დაპროგრამება და კომპიუტერიზაცია, რაც ორგანიზმში ბუნებრივად არსებული მიკროელემენტების კონცენტრაციის შესაბამისი რაოდენობის უზღუდებელყოფის საშუალებას იძლევა და ხელსაწყოს რეაგირება წარმოებს მხოლოდ ჭარბი რაოდენობით სხეულის ამა თუ იმ ორგანოში „ლითონური შხამის“ არსებობის შემთხვევაში. მე-9 ცხრილში მოცემულია ატომურ-ემისიურ სპექტრომეტრზე ზოგიერთი „ლითონური შხამის“ აღმოჩენის ქვედა ზღვარი.

ცხრილი 6

ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრით ზოგიერთი ლითონის
აღმოჩენის ქვედა ზღვარი

ლითონები	Ag	Al	As	Ba	Bi	Cd	Cs	Cr	Cu	Hg	Mn	Pb	Zn	Sb
აღმოჩენის ზღვარი (ppb)	0,7	0,7	6	0.01	0.08	0.3	2400	0.3	0.5	2	0.04	2	0.2	2.5

2.5. ბიომასალიდან წყლით იზოლირებადი ნივთიერებები და მათი თვისებრივი ანალიზი

ამ ჯგუფს მიეკუთვნება მინერალური მჟავები (გოგირდის, აზოტის, მარილის), ტუტეები (ნატრიუმის, კალიუმის, ამონიუმის), ზოგიერთი მინერალური მარილი (ამონიუმის და ნატრიუმის ნიტრატები, ნატრიუმის და კალიუმის ნიტრატები). საკვლევი ობიექტის შემოწმება მინერალური მჟავების, ტუტეების და მარილების შემცველობაზე წარმოებს იმ შემთხვევაში, თუ საჭმის მასალები მიუთითებს სავარაუდოდ მათ შემცველობაზე ბიომასალაში, აგრეთვე იმ შემთხვევაში, თუ ექსპერტ-ქიმიკოსის მიერ შესრულებულმა წინასწარმა სინჯვებმა აჩვენეს დადებითი რეაქცია ამ ნაერთებზე.

მინერალური მჟავების და ტუტეების შემცველობაზე საანალიზოდ იღებენ კუჭის შიგთავსს, საჭმლის ნარჩენებს, პირღებინების მასას, ხოლო მინერალური მარილებით მოწამელაზე ეჭვის გამოთქმის შემთხვევაში აღნიშნულ კომპონენტებთან ერთად სავალდებულოა გამოსაკვლევ ობიექტად ღვიძლიც.

წყლით იზოლირებადი ნივთიერებების ამოწვლილვა ბიომასალიდან წარმოებს შემდეგნაირად:

საკვლევ ობიექტს აქუცმაცებენ და უმატებენ გამოხდილ წყალს ფაფისმაგარი მასის წარმოქმნამდე. მიღებულ მასას ტოვებენ 1-2 სთ-ით, შემდეგ ფილტრავენ მინის ფილტრზე ვაკუუმის ქვეშ¹. საძიებელ არაორგანულ ნივთიერებებთან ერთად წყლის ფაზაში შესაძლებელია აგრეთვე ცილოვანი ნივთიერებების გადასვლა. მათი ურთიერთდაცილება წარმოებს დიალიზის მეთოდით. დიალიზის პროცესს იმუშავებენ 2-3-ჯერ. მიღებულ დიალიზატებს აერთებენ და აორთქლებენ წყლის აბაზანაზე, ეიღერ ხსნარის მოცულობა არ შემცირდება 5-10 მლ-მდე. მიღებულ ხსნარს იკვლევენ არაორგანული მჟავების, ტუტეების და მარილების შემცველობაზე. ტანსაცმლის და წყლის მიმართ სხვა ინერტული ობიექტების წყლით იზოლირებად ნივთიერებებზე შემოწმება დიალიზის პროცესს არ საჭიროებს.

დიალიზატის შემოწმება მჟავების შემცველობაზე. დიალიზატში არაორგანული მჟავას არსებობის შემთხვევაში ხსნარს უნდა აქონდეს ძლიერი მჟავა რეაქცია. ამიტომ პირველ რიგში მოწმდება დიალიზატის მჟეიანიობა (pH) მჟავა-ფუჟე ინდიკატორებით: მეთილნარინჯით, კონგოწითელით, იისფერი მეთილით და სხვ.

ხსნარის მეკეთრად გამოხტული მჟავა რეაქციის დადგენის შემდეგ წარმოებს მისი შემოწმება გოგირდის, აზოტის და მარილის მჟავათა ანიონების შემცველობაზე. თუმცა მათი პირდაპირი გზით ანალიზი მტკიცებულებად არ ითვლება, რადგან ქლორიდ-სულფატ და ნიტრატ-იონების შემცველობა ისედაც ნორმალურად ითვლება ორგანიზმისთვის. მინერალური მჟავებზე მოწამების დამტკიცების მიზნით აუცილებელია საკვლევი ხსნარის გამოხდით თავისუფალი მჟავას გადადენა და მისი შემდეგი შემოწმება ქლორიდ-, სულფატ- და ნიტრატ-იონების – არსებობაზე.

დიალიზატის შემოწმება მჟავებზე ტუტეების შემცველობაზე. მჟავებზე ტუტეების შემცველობაზე ანალიზი წარმოებს მას შემდეგ, რაც საკვლევი ხსნარი ლაკმუსთან გეიჟენებს ძლიერ ტუტე გარემოს, ხოლო ფენოფტალეინის სპირტხსნარის თანაობისას ბარიუმის ქლორიდის ჭარბი რაოდენობით დამატებისას ხსნარი ინარჩუნებს ვარდისფერ შეფერილობას. ძლიერ ტუტე რეაქციას იძლევიან არა მარტო NaOH, KOH, NH₄OH, Ca(OH)₂ ნაერთები, არამედ ტუტე ლითონთა კარბონატებიც. ანალიზის შედეგებში უზუსტობის თავიდან აცილების მიზნით საკვლევი ხსნარს დამატებით ამოწმებენ კარბონატ-იონების შემცველობაზე. ამ მიზნით საკვლევი ხსნარის ნაწილს უმატებენ BaCl₂-ის 5%-იანი ხსნარის რამდენიმე

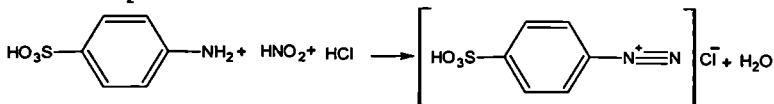
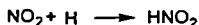
¹ გაფილტვრის ნაცვლად დაშვებულია მყარი და თხევადი ფაზების დაცილება ცენტრიფუგრებით.

წვეთს და ფენოფტალეინის 2-3 წვეთს. კარბონატ-იონების არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს თეთრი ფერის ნალექის სახით BaCO_3 -ის მიღებას. თავისუფალი ტუტის არარსებობის შემთხვევაში ფენოფტალეინის ვარდისფერი შეფერილობა ქრება.

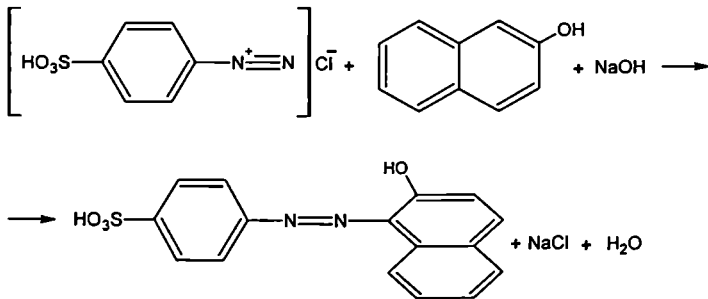
მინერალიზატის შემოწმება ტუტე ლითონთა მარილების შემცველობაზე. ტუტე ლითონთა მარილების შემცველობაზე ბიომასალის გამოკვლევა წარმოებს მხოლოდ და მხოლოდ საჭმის მასალაში შესაბამისი მითითებების საფუძველზე, რასაც, როგორც წესი, თან ერთვის სასამართლო-სამედიცინო დასკვნა. ტუტე ლითონთა მარილებიდან ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვან ნაერთებს მიეკუთვნებიან ნიტრიტები, მჟაუნმჟავას და ტეტრაბორმჟავას მარილები. მარილების შემცველობაზე ანალიზის დაწყებამდე საჭიროა მინერალიზატის განეიტრალება $\text{pH}=7$ -მდე.

ნიტრიტიონების აღმოჩენა

სულფანილის მჟავასთან რეაქცია. ნიტრიტების შემცველ ხსნარში მჟავა გარემოს შექმნით ადგილი აქვს აზოტოვანმჟავას გამოყოფას, რომელიც სულფანილის მჟავას და β -ნაფტოლის ერთდროული თანაობისას ხსნარში იძლევა აზოსაღებავს.



ანალიზის მსვლელობა. მცირე ზომის სინჯარაში შეაქვთ განეიტრალებული დიალიზატის 2 წვეთი, უმატებენ 2%-იან მარილმჟავაში სულფანილისმჟავას 0,5%-იანი ხსნარის 2-3 წვეთს. სინჯარას შეანჯღრევენ და უმატებენ β -ნაფტოლის ტუტე ხსნარის ერთ წვეთს. დადებითი რეაქციის შემთხვევაში სინჯარაში მოთავსებული ხსნარი იღებს ნარინჯისფერ-წითელ შეფერილობას.



აზოსაღებავი

თავი III

შხამიანი ნივთიერებების ანალიზი ბიომასალიდან მათი იზოლირების გარეშე

ბიომასალიდან იზოლირების გარეშე განსაზღვრას დაქვემდებარებულ ნივთიერებათა ჯგუფს მიეკუთვნება ნივთიერებები: ნახშირბადის (II) ოქსიდი, გოგირდწყაობადი, ქლორი, ბრომი, იოდი.

მათი განსაზღვრა წარმოებს უშუალოდ ბიომასალაში.

ნახშირბადის (II) ოქსიდის განსაზღვრა

ჩამოთვლილი ნივთიერებებიდან ტოქსიკოლოგიურად ყველაზე მოქმედი ნახშირბადის (II) ოქსიდი. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის პრაქტიკაში დანერგილია სისხლში კარბოქსიმოგლობინის განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი. თუმცა ერთ-ერთი მათგანის გამოყენებით მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობა არ ითვლება საკმარისად სისხლში კარბოქსიმოგლობინის არსებობაზე დასკვნების გასაკეთებლად და საჭიროებს რამდენიმე სხვადასხვა მეთოდით გადამოწმებას.

სისხლში კარბოქსიმოგლობინის აღმოსაჩენად გამოყენებულია რეაქციები: ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნართან; ხინინთან და ამონიუმის სულფიდთან; კალიუმის პექსაციანოფერატთან (III); $K_3[Fe(CN)_6]$ -თან, $K_2Cr_2O_7$ -თან, $K_3[Fe(CN)_6]$ -თან და CH_3COOH -თან; ფორმალდეჰიდთან, ტყეიის აცეტატთან, სპილენძის სულფატთან და სხვ. კარბოქსიმოგლობინის შემცველი სისხლი ჩამოთვლილი რეაქტივების დამატებით არ იცვლის შეფერილობას ან იცვლის უმნიშვნელოდ, ხოლო კარბოქსიმოგლობინისგან თავისუფალი სისხლის შეფერილობა მკვეთრად იცვლება.

- ერთდროულად ტარდება ორი პარალელური ცდა: 1) საგარაუდოდ კარბოქსიმოგლობინის შემცველ სისხლზე, 2) კარბოქსილემოგლობინისგან თავისუფალ სისხლზე.

არსებობს სპეციალური რეაქტივის დამატების გარეშე სისხლის შემოწმების ხერხი. ამ მიზნით იღებენ 2-3 მლ საკელე სისხლს, ათავსებენ ჭიქაში და უმატებენ 100 მლ გამოხდილ წყალს. მეორე ჭიქაში იღებენ 2-3 სუფთა სისხლს და მასაც უმატებენ 100 მლ წყალს. კარბოქსიმოგლობინის შემცველი სისხლი იღებს კაშკაშა-წითელ შეფერილობას, ხოლო COHB -სგან თავისუფალი სისხლი - მურა-წითელ შეფერილობას.

რეაქცია ნატრიუმის ჰიდროქსიდთან. საკელევი და ნორმალური სინჯების განზავებული (1 : 100) ხსნარების ორ-ორ მლ-ს ათავსებენ სხვადასხვა სინჯარაში, უმატებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 30%-იანი ხსნარის 2 მლ-ს და აკვირდებიან. CO-ს შემცველი სისხლის ფერი არ იცვლება, ხოლო საკონტროლო სისხლი იღებს მურა-მომწვანო შეფერილობას¹.

რეაქცია ხინინთან და ამონიუმის სულფიდთან. სისხლის 2 მლ-ს ათავსებენ სინჯარაში, უმატებენ ხინინის ჰიდროქლორიდის 8%-იანი ხსნარის 4 მლ-ს, შეანჯღრევენ და აღუდებენ სპირტქურის ალზე 20 - 30 წმ-ის განმავლობაში. გაცივების შემდეგ სინჯარაში შეაქეთ ახლად მომზადებული ამონიუმის სულფიდის ხსნარის 2-3 წვეთი და ძლიერ შეანჯღრევენ. CO-ს შემცველი სისხლი იღებს ღია-

¹ შესაძლებლად ითვლება CO-გან თავისუფალმა, მაგრამ ხრწნად ფორმაში გადასულმა სისხლმაც მიიღოს კაშკაშა - წითელი შეფერილობა.

წითელ შეფერილობას, ხოლო საკონტროლო სისხლი – მურა-წითელ შეფერილობას.

რეაქცია ფორმალდეჰიდთან 5 მლ განუზავებელ სისხლს ათავსებენ სინჯარაში. უმატებენ ფორმალინის 5 მლ-ს და შეაჯღრევენ. კარბოქსიმოგლობინის შემცველი სისხლი ინარჩუნებს შეფერილობას რამდენიმე კვირის განმავლობაში, ხოლო საკონტროლო სისხლი 5-7 წთ-ის შემდეგ იღებს მოყავისფრო-შავ შეფერილობას.

ფორმალდეჰიდის 20%-იანი ხსნარის რეაქტივად გამოყენების შემთხვევაში საკონტროლო სისხლის ფერის ცვლილება მოსალოდნელია 50-60 წთ-ის გასვლის შემდეგ.

რეაქცია ტყვიის აცეტატთან. სინჯარაში ათავსებენ განუზავებელ სისხლის 5 მლ-ს, უმატებენ $Pb(OH)(CH_3COO)$ -ს 5%-იანი ხსნარის 20 მლ-ს და ანჯღრევენ 60 წთ-ის განმავლობაში. CO-ს შემცველი სისხლი ინარჩუნებს თავის შეფერილობას, ხოლო საკონტროლო სისხლი (CO-სგან თავისუფალი სისხლი) იღებს ყავისფერ შეფერილობას.

რეაქცია $K_3[Fe(CN)_6]$ – თან. სისხლის ერთ მილილიტრს ხსნიან 100 მლ გამოსხივლ წყალში და კარგად ანჯღრევენ 2-3 წთ-ის განმავლობაში. სისხლის მიღებული ხსნარის 5 მლ გადააქეთ სინჯარაში, უმატებენ $K_3[Fe(CN)_6]$ -ის 1%-იანი ხსნარის 5 წვეთს. კარბოქსიმოგლობინისგან თავისუფალი ხსნარი ინარჩუნებს თავის შეფერილობას. საკონტროლო ხსნარი (CO-სგან თავისუფალი) იღებს მოყვითალო შეფერილობას.

მიკროდიფუზიის მეთოდი. მიკროდიფუზიისთვის განკუთვნილი ხელსაწყოთა გარე საკანში [1] ათავსებენ გამოსაყვლევი სისხლის და გოგირდმჟავას 10%-იანი ხსნარის თითო მილილიტრს, შიგა საკანში – გოგირდმჟავას 0,1 ნ-ის ხსნარით მომზადებულ, პალადიუმის ქლორიდის 0,1%-იანი ხსნარის 2 მლ. მჭიდროდ ახურავენ სახურავს და ტოვებენ გარემოს ტემპერატურაზე 1 სთ-ის განმავლობაში. საკელევი სისხლში კარბოქსიმოგლობინის არსებობის შემთხვევაში შიგა საკანში მოთავსებული სითხის ზედაპირზე ადგილი აქვს ეერცხლისფერად მბზინავი აფსისის წარმოქმნას, რაც განპირობებულია მიკროდიფუზიით სისხლში არსებული CO-ს გადასვლით შიგა კამერაში და ლითონური პალადიუმის გამოყოფით:



ნახშირბადის (II) ოქსიდის აღმოჩენა სისხლში სპექტროსკოპული მეთოდით. სისხლს აზაუბენ წყლით მანამ, სანამ არ მიიღება ღია ყვითელი შეფერილობა. ასეთი ხსნარის გამოკვლევისას ნათლად ჩანს შესაბამისი ხაზები.

ოქსიმოგლობინის შემცველი სისხლი ხასიათდება შთანთქმის სპექტრებით 577-589 და 536-556 ნმ-ის უბნებში. კარბოქსიმოგლობინის შემცველი სისხლის შთანთქმის სპექტრები წანაცვლებულია 564-579 და 523-536 ნმ-ის უბნებში.

განუზავებული საკელევი სითხის ოთხ მოცულობაზე ერთი მოცულობა ამონიუმის სულფიდის ახლად მომზადებული ხსნარის დამატებით ოქსიმოგლობინი გარდაიქმნება დეზოქსიმოგლობინად, რომელიც ხასიათდება შთანთქმის ფართო სპექტრით 543-596 ნმ ტალღის სიგრძის უბანში. კარბოქსიმოგლობინი არ აღდგება ამონიუმის სულფიდით და არც სხვა აღმდგენით. ამიტომ აღმდგენის დამატებით კარბოქსიმოგლობინის შთანთქმის სპექტრის წანაცვლებას არ აქვს ადგილი.

კარბოქსიმოგლობინის შემცველობაზე სპექტროსკოპული მეთოდით სისხლის შემოწმება მისაღებია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სისხლში მისი შემცველობა 10-დან 30%-მდეა.

დამატება

1. ბუშარდის რეაქტივი 2 გ იოდს ხსნიან 10 მლ წყალში. მიღებულ ხსნარს უმატებენ 127 გ კრისტალურ სოდას. იოდის გახსნის შემდეგ ხსნარს აზავენებენ გამოხდილი 100 მლ-მდე წყლით.

2. დითიზონი [ქლოროფორმში ან ოთხქლორიან ნახშირბადში მომზადებული ხსნარი]. 150 მლ ქლოროფორმში ან ოთხქლორიან ნახშირბადში ხსნიან 02 გ დითიზონს და 5-10 წთ-ის შემდეგ ფილტრავენ. ფილტრატს ათავსებენ 500 მლ ტევადობის გამყოფ ძაბრში, უმატებენ ამიაკის 3 გ ხსნარის 50 მლ-ს და ანჯღრევენ 2-3 წთ-ის განმავლობაში. ამ დროს ხსნარი იღებს ყვითელ ან ნარინჯისფერ შეფერილობას ამონიუმის დითიზონატის (მარილის) წარმოქმნის გამო. ქლოროფორმის მიერ მუხრა-წითელი შეფერილობის მიღება მიუთითებს დითიზონის გატუქყიანებაზე დიფენილთიოკარბადაზონით – პრეპარატ დითიზონის დაჟანგვის პროდუქტით. აუცილებელია მისი მოცილება დითიზონიდან, ვინაიდან იგი ხელს უშლის დითიზონური მეთოდით ლითონების აღმოჩენას. ქლოროფორმის ფენიდან გამოყოფენ წყლის ფენას და გამყოფ ძაბრში ხელახლა უმატებენ ამიაკის 36 ხსნარის 50 მლ-ს და ანჯღრევენ 2-3 წთ-ის განმავლობაში. დითიზონის ექსტრაქციის პროცესს იმეორებენ მანამ, სანამ ამიაკიანი წყლის ფენას ექნება უცვლელი მოყვითალო ან ნარინჯისფერი შეფერილობა. წყლის ფაზებს აგროვებენ ერთად, უმატებენ 2-3 გ ასკობინის მჟავას, შემდეგ გოგირდმჟავას 46 ხსნარს 3...4-მდე. ყინულოვანი წყლით გაცივების პირობებში გამოყოფილი დითიზონის ექსტრაქცია წარმოებს 15-15 მლ ქლოროფორმით. ექსტრაქციის პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ ქლოროფორმიანი გამონაწური არ შეწყვეტს მწვანე შეფერილობის მიღებას. ამის შემდეგ ქლოროფორმიან გამონაწურებს აერთებენ და ქლოროფორმის დამატებით შეავსებენ 200 მლ-მდე. მომზადებული ხსნარს აქვს მწვანე შეფერილობა. ხსნარს ათავსებენ მუქი ფერის ჭურჭელში, სითხის ზედაპირს ფარავენ გოგირდმჟავას 0.26-ს ხსნარის 5 მლ სისქის ფენით და ინახავენ გრილ ადგილას.

3. დრაგენდორფის რეაქტივი. აზოტმჟავას 30%-იანი ხსნარის 20 მლ-ში ხსნიან ბისმუტის ფუჟე აცეტატის 8 გ-ს (I ხსნარი). ცალკე იღებენ 30 მლ გამოხდილ წყალს და მასში ხსნიან 272 გ KI-ს. მიღებულ ხსნარზე ამატებენ I ხსნარს და აყოვნებენ. 3-4 დღის შემდეგ ხსნარს გაფილტრავენ და აზავენებენ 100 მლ-მდე გამოხდილი წყლით.

4. ზონანშტეინის რეაქტივი. ნატრიუმის მონოჰიდროფოსფატის 10 %-იანი ხსნარის 30 მლ-ს უმატებენ 15 %-იან აზოტმჟავაში ამონიუმის მოლიბდატის 10 %-იანი ხსნარის 40 მლ-ს. წარმოქმნილ ნალექს ფილტრავენ და ხსნიან ნატრიუმის კარბონატის ნაჯერი ხსნარის 10 მლ-ით. ხსნარს აორთქლებენ სრულ გაშრობამდე და მიღებულ მყარ ნაშთს გამოწვეავენ 500-600°C-ზე. გაცივების შემდეგ ნაშთს უმატებენ გამოხდილ წყლის ათჯერად ღულუფას, შემდეგ – აზოტმჟავას ნალექის სრულ გახსნამდე.

5. მაიერის რეაქტივი. კალიუმის იოდიდის 25 %-იანი ხსნარის 20 მლ-ში ხსნიან 1.35 გ ვერცხლისწყლის (II) ქლორიდს. მიღებულ ხსნარს აზავენებენ 100 მლ-მდე გამოხდილი წყლით.

6. მანდელინის რეაქტივი. ამონიუმის მოლიბდატის 0.01 გ-ს ხსნიან 2 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში. მომზადება წარმოებს უშუალოდ ხმარების წინ.

7. მუნიოთი მოდიფიცირებული დრაგენდორფის რეაქტივი. ბისმუტის ფუჟე აცეტატის 0.85 გ-ს ხსნიან 10 მლ ყინულოვან მმარმჟავაში და უმატებენ 40 მლ გამოხდილ წყალს (I ხსნარი). ცალკე ამზადებენ 8 გ კალიუმის იოდიდის შემცველ 28.5%-იან ხსნარს (II ხსნარი). (II) ხსნარზე ამატებენ (I) ხსნარს. ხმარების

წინ იღებენ მიღებული ხსნარის 1 მლ-ს და თანამიმდევრობით უმატებენ 2 მლ ყინულოვან ძმარმჟავას და 10 მლ გამოხდილ წყალს.

8. ტყეიის აცეტატიტ გაჟღენთილი ბამბა. სპილენძის ფუძე აცეტატის 10 გ-ს ხსნიან 100 მლ წყალში, წვეთწვეთობით უმატებენ ძმარმჟავას 85 %-იან ხსნარს გამჭვირვალე ან ოდნავ ოპალესცენციის მქონე ხსნარის მიღებამდე, მიღებული ხსნარით ასველებენ ბამბას, შემდეგ აშრობენ ჰაერზე. ბამბას ინახავენ მიხეხილ-თავიან ქილაში.

9. ტყეიის აცეტატიტ გაჟღენთილი ფილტრის ქაღალდი. ტყეიის აცეტატის 5 %-იანი ხსნარის 30 მლ-ს უმატებენ ასეთივე რაოდენობის ნატრიუმის პიდროქსიდის 5 %-იან ხსნარს. წარმოქმნილი ნალექის გახსნის შემდეგ ხსნარში ჩაძირავენ ფილტრის ქაღალდს 1-2 წთ-ით, შემდეგ გამოაშრობენ ოთახის ტემპერატურაზე.

10. ვერცხლისწყლის (II) ქლორიდით ან ბრომიდით გაჟღენთილი ფილტრის ქაღალდი. 5 სმ დიამეტრის ფილტრის ქაღალდს გაჟღენთავენ ვერცხლისწყლის (II) ქლორიდის ან ბრომიდის 5%-იანი სპირტხსნარით. ქაღალდს აშრობენ ოთახის ტემპერატურაზე (საშრობ კარადაში) და ინახავენ მიხეხილთავიან ჭურჭელში ბნელ და ცივ ადგილზე. ფილტრის ქაღალდის გამოყენება შეიძლება დამზადებიდან ერთი თვის განმავლობაში.

11. შეიბლერის რეაქტივი. ნატრიუმის ვოლფრამატის 25%-იანი ხსნარის 20 მლ-ს უმატებენ ფოსფორმჟავას 25%-იანი ხსნარის 10 მლ-ს და კარგად აურევენ.

12. ქრომატოგრაფიული ქაღალდი. ფაიფურის სანაყში ათავსებენ KCK მარიკის სილიკატელის 4.3გ-ს (150-200 მეში), სამედიცინო თაბაშირის 0.22გ-ს და 12 მლ წყალს. ნალექს გულდასმით გასრესენ და მაშინვე გადააქეთ ფირფიტაზე (12x18). ნარევეს თანაბრად განფენენ ფირფიტაზე და აშრობენ ჰაერზე. ფირფიტაზე მოთავსებული სორბენტის გააქტივებას აწარმოებენ საშრობ კარადაში 110 °C-ზე ერთი საათის განმავლობაში.

13. ქლორცინკოიდი. თუთიის ქლორიდის 2 გ-ს ხსნიან 10 მლ წყალში (I ხსნარი). მეორე ჭურჭელში იღებენ 5 მლ წყალს, რომელშიც თანამიმდევრობით ხსნიან 2,1გ-ს და ორჯერ სუბლიმირებული იოდის 0,1გ-ს (II ხსნარი). (I) ხსნარს წვეთწვეთობით უმატებენ (II) ხსნარს მუდმივი არევის პირობებში. მიღებულ ნარევეში ათავსებენ ორჯერ სუბლიმირებული იოდის მცირე ზომის კრისტალებს. 24-საათიანი დაყოვნების შემდეგ გამჭვირვალე სითხე გადააქეთ ნარინჯისფერი შუშის ჭურჭელში.

14. ვერცხლისწყლის (II) სულფატი. ვერცხლისწყლის ოქსიდის 10 გ-ს უმატებენ კონცენტრირებული გოგირდმჟავას 10 მლ-ს და 100 მლ გამოხდილ წყალს. ვერცხლისწყლის ოქსიდის სრულად გახსნის შემდეგ ხსნარს აზავენ 250 მლ-მდე.

15. ფოსფატური ბუფერული ხსნარი (pH=7.38). ერთ ლიტრ წყალში ხსნიან 11,76 გ ნატრიუმის მონოჰიდროფოსფატს. მეორე კოლბაში მოთავსებულ იგივე რაოდენობის წყალში ხსნიან 9.78გ კალიუმის დიჰიდროფოსფატს. 500 მლ ტევადობის საზომ კოლბაში შეაქეთ 20 მლ ნატრიუმის მონოჰიდროფოსფატის ხსნარი და 5 მლ კალიუმის დიჰიდროფოსფატის ხსნარი. კოლბას ავსებენ ჭდემდე გამოხდილი წყლით.

ლიტერატურა

1. ზ. მჭედლიშვილი. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის საფუძვლები. ნაწილი I. თბილისი: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2003. –153 გვ.
2. თ. გორდელაძე. სასამართლო მედიცინა. თბილისი: 1998. – 150 გვ.
3. Крамаренко В.Ф. Химико-токсикологический анализ. Практикум, Киев: Вища школа, 1982. – 276 с.
4. Машковский М.Д. Лекарственные средства. М: Медицина, Т.1, 1993. – 736 с.
5. Машковский М.Д. Лекарственные средства. М: Медицина. Т.2, 1993.– 688 с.
6. Яблочкин В.Д., Курпель В.В. Обнаружение хлорпроизводных углеводов в гниliestoизменённом биоматериале. М: Химия, 2001. –115 с.
7. Крамаренко В.Ф. Токсикологическая химия. Киев: Медицина, 1985.– 446 с.
8. Белова А.В. Руководство к практическим занятиям по токсикологической химии. М: Медицина, 1976.– 232 с.
9. Лужников Е.А. Клиническая токсикология. М: Медицина, 1982.– 368 с.
10. Швайкова М.Д. Судебная химия. М: Медицина, 1965.– 290 с.
11. Будагян Н.Н. Пищевые токсикозы, токсикоинфекции и их профилактика. М: Медицина, 1980. –75 с.
12. Щербак Ю.К. В помощь судебно-медицинской экспертизе. М: Медицина, 1978.– 65 с.
13. Крамаренко В.Ф., Туркевич Б.М. Анализ ядохимикатов. М: Химия, 1975.– 275 с.
14. Колпаков Л.И. Принципы и методы оценки токсичности химических веществ. М: Химия, 1973.– 81 с.
15. Матышев К.И. Судебно-медицинская экспертиза отравлений. Л: : Медицина, 1972. –230 с.
16. Штайнберг М.Л. Отравления дикорастущими растениями. М: Медицина, 1972. –76 с.
17. Милованов М.И. Реактивность организма при действии химических веществ. М: Медицина, 1968. –55 с.
18. Краткая химическая энциклопедия. Т.2. М: «Советская энциклопедия», 1963.– 1086 с.
19. Краткая химическая энциклопедия. Т.4.. М: «Советская энциклопедия», 1965.– 1182 с.
20. Краткая химическая энциклопедия. Т.5. М: «Советская энциклопедия», 1967.– 1186 с.
21. Вредные вещества в промышленности. Т.1., ГХИ, Л: 1963.– 831 с.
22. Вредные вещества в промышленности. Т. 2, ГХИ, Л: 1963.– 619 с.
23. Лос К. Синтетические яды. М: Изд. иностранной литературы, 1963. – 258 с.
24. Белова А.В., Горбачева и др. Руководство к практическим занятиям по судебной химии. М: Химия, 1961. 283 с.

თ ა ვ ი I. ნივთიერების იზოლირება ბიომასალიდან შემჟავებული წყლით ან შემჟავებული სპირტით და მისი ექსტრაქცირება ორგანული გამხსნელით	3
1.1. ხსნარის ბუნების გავლენა ბიომასალიდან ნივთიერების იზოლირებაზე	3
1.2. ნივთიერების იზოლირება ბიომასალიდან შემჟავებული სპირტით	5
1.3. ნივთიერების იზოლირება ბიომასალიდან შემჟავებული წყლით	6
1.4. ექსტრაქციის ხარისხი	7
1.5. მჟავა ხსნარებიდან ქლოროფორმით ექსტრაქცირებადი ნაერთები. მათი აღმოჩენა და განსაზღვრა	10
ბარბამილი	14
პენტალი	16
ფენობარბიტალი	17
ბენზონალი	18
მორფინი	22
მორფინის აღმოჩენა	23
კოდეინი	29
კოდეინის იზოლირება ბიომასალიდან და მისი აღმოჩენა	29
ანაბაზინი	31
ანაბაზინის იზოლირება ბიომასალიდან და მისი ანალიზი	32
კოკაინი	34
კოკაინის თვისებრივი აღმოჩენის რეაქციები	36
სტრიქნინი	38
სტრიქნინის აღმოჩენა	39
თ ა ვ ი II. მინერალიზაციით იზოლირებადი ნივთიერებები და მათი ანალიზი	40
2.1. ბიომასალის მინერალიზაციის მეთოდები	41
2.1.1. ბიომასალის დანაცრება ძლიერი დამჟანგველის გარეშე	41
2.1.2. დანაცრება დამჟანგველთან შეღებვით	42
2.1.3. ბიომასალის დაშლა მინერალიზაციით	43
2.2. ბიომასალის გაშლა გოგირდის და აზოტის მჟავებით	44
2.3. „ლითონური შხამების“ აღმოჩენა მინერალიზატში.	48
ტყვიის აღმოჩენა	48

ბარიუმის აღმოჩენა	51
ქრომის აღმოჩენა	53
თუთიის აღმოჩენა	56
ვერცხლისწყლის აღმოჩენა	56
დარიშხანის აღმოჩენა	58
სპილენძის აღმოჩენა	64
2.4. „ლითონური შხამების“ აღმოჩენა ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრით	66
2.5. ბიომასალიდან წყლით იზოლირებადი ნივთიერებები და მათი თვისებრივი ანალიზი	67
ნიტრიტიონების აღმოჩენა	68
თ ა ვ ი III. შხამიანი ნივთიერებების ანალიზი ბიომასალიდან მათი იზოლირების გარეშე	69
ნახშირბადის (II) ოქსიდის განსაზღვრა	69
დამატება	71
ლიტერატურა	73

რედაქტორი მ. ძიძიგური

ტექნიკური რედაქტორი ნ. ცირეკიძე

კორექტორი ნ. დოლიძე

კომპიუტერული უზრუნველყოფა ნ. მჭედლიშვილის

გადაეცა წარმოებას 15.12.2004. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 23.02.2005. ბეჭდვა ოფსეტური. ქაღალდის ზომა 60X84 1/8. გარნიტურა აკადემიური. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 4,75. საალრიცხო-საგამომცემლო თაბახი 4. ტირაჟი 100 ეგზ. შეკვეთა № 38

გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



სტუ-ს სტამბა, თბილისი, კოსტავას 75