

ქიმიური პროცესების ინჟინერია და ტექნოლოგია

ცელულოზოვან მასალებზე კოვალენტურად დაფიქსირებული
აქტიური საღებრების რაოდენობრივი განსაზღვრის
მეთოდების კვლევა

კონსტანტინე სირბილაძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქუთაისი, საქართველო

ანდრაშ ვიგი

ბუდაპეშტის ტექნოლოგიისა და ეკონომიკის უნივერსიტეტი,
ბუდაპეშტი, უნგრეთი

თამარა სირბილაძე

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქუთაისი, საქართველო

konstatntine.sirbiladze@atsu.edu.ge

წინამდებარე სამუშაოში შესწავლილი იქნა ბამბის ცელულოზაზე ორი ჰეტეროციკლური ბიფუნქციონალური კოვალენტურად დაფიქსირებული აქტიური საღებრის წილის რაოდენობრივი მაჩვენებლის განსაზღვრის სიზუსტე. ექსპერიმენტებში გამოყენებული იქნა ამ მაჩვენებლის განსაზღვრის ერთი პირდაპირი და ორი არაპირდაპირი (არაპირდაპირი I და არაპირდაპირი II) მეთოდი. გაზომვების სიზუსტის შესაფასებლად გამოყენებული იქნა დისპერსული ანალიზის მეთოდიცა. ყველაზე საიმედო შედეგები იქნა მიღებული არაპირდაპირი I მეთოდის გამოყენებისას, მაშინ როდესაც არაპირდაპირი II მეთოდის გამოყენება მოიცავს გარკვეულ უზუსტობებს. პირდაპირი მეთოდის გამოყენება ტექნიკურად ყველაზე რთულია ვიდრე ნებისმიერი არაპირდაპირი მეთოდი და ამასთან ყველაზე უზუსტოა.

საკვანძო სიტყვები: ანალიზური შეფასების მეთოდი, აქტიური საღებრები, ლეგვის რეჟიმი.

შესავალი. ბამბის ქსოვილების დაახლოებით 60% იღებება აქტიური საღებრებით. საღებრების კატალოგში დაფიქსირებული აქტიური საღებრების 1150 სახეობა. ყოველწლიურად აქტიური საღებრების რაოდენობა 23 ახალი მარკის საღებრით ივსება, ხაზს უსვამს მათ მნიშვნელობას.

ცელულოზაზე აქტიური საღებრის დაფიქსირების პარალელურად მიმდინარე საღებრის ჰიდროლიზის პროცესის სრულად აღმოფხვრა დღემდე ვერ ხერხდება. კოვალენტურად დაფიქსირებული საღებრის

წილის მნიშვნელოვნად ამალღების გზით ღებვის პროცესის ეკონომიკური მახასიათებლების გაუმჯობესება და წყლის დაბინძურების შემცირება სამღებროწარმოებების მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს. მნიშვნელოვანია შემუშავდეს საფეიქრო მასაღების კოლორიების ისეთი ტექნოლოგიები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საღებრის მაქსიმალურ ფიქსაციას ბოჭკოზე. აქედან გამომდინარე წარმოიშვა იდეა გაგვეანალიზებინა და ერთმანეთთან შეგვედარებინა პრაქტიკაში ყველაზე ხშირად გამოყენებული ბოჭკოზე დაფიქსირებული საღებრის რაოდენობრივი განსაზღვრის ანალიზური მეთოდები.

შერჩეულ იქნა სამი ყველაზე ცნობილი მეთოდი.

პირველი მეთოდის მიხედვით აქტიური საღებრებით შეღებილ ქსოვილს ხსნიან კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში, აზავებენ დისტილირებული წყლით, იღებენ ხსნარის შთანთქმის სპექტრს და საკალიბრო მრუდდთან შდარებით განსაზღვრავენ დაფიქსირებული საღებრის კონცენტრაციას. ეს მეთოდი სტატიაში განხილულია „პირდაპირი მეთოდის“ სახელწოდებით.

„არაპირდაპირი I“ მეთოდი გულისხმობს ბოჭკოზე დაფიქსირებული საღებრის რაოდენობის გამოთვლას ნარჩენი სამღებრო აზაზანისა და ქსოვილიდან ჩამორეცხილი საღებრის ხსნარის კოლორიმეტრირების გზით.

„არაპირდაპირი II“ მეთოდი აერთიანებს შეღებილი ქსოვილის არეკვლის სპექტრისა და ნარჩენი აზაზანის შთანთქმის სპექტრების მონაცემთა მიხედვით K/S ფუნქციის განსაზღვრას.

ჩვენი სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა დაგვედგინა შერჩეული სამი მეთოდიდან რომელი უფრო ზუსტად განსაზღვრავს ბამბის ქსოვილზე კოვალენტურად დაფიქსირებული ჰეტერობიფუნქციური აქტიური საღებრების რაოდენობას.

შესასწავლი მეთოდების სიზუსტის ერთმანეთთან შედარების მიზნით გამოყენებულ იქნა დისპერსული ანალიზის მეთოდიკა.

2. მასაღები და მეთოდები

2.1.1. მასაღები დამოწყობილობები

გამოყენებულ იქნა: გამოთეთრებული და მერსერიზირებული ბამბის ქსოვილი (ზედაპირული სიმჭიდროვე 109 გ/მ²); ორი ჰეტერობიფუნქციონალური აქტიური აზო საღებარი (კოდური აღნიშვნა B და C); ლაბორატორიული სამღებრო აპარატი Mathis Labomat BFA-12; შთანთქმის სპექტრის სპექტროფოტომეტრი HP UV-VIS 8452 A; არეკვლის სპექტრის

სპექტროფოტომეტრი DATACOLOR.

2.2. მეთოდები

2.2.1. ქსოვილების ღებვა

ბამბის ქსოვილების ნიმუშები (წონა 5 გ) შეღებილი იქნა სამი დღის განმავლობაში (ხდებოდა განმეორებით ღებვა ექსპერიმენტის ცდომილების შესამცირებლად) ორი აქტიური საღებრით ცალ-ცალკე, ორი ნომინალური კონცენტრაციით (0,6 გ საღებარი/100 გ ქსოვილზე და 3.0 გ საღებარი/100 გ ქსოვილზე, აბაზანის მოდული 1:50). ღებვის რეჟიმი წარმოდგენილია.

მიღებული იქნა B და C საღებრებით შეღებილი 18-18 ნიმუში, რომლებიც შემოწმებული იქნა ელფერის სითანაბრეზე. თითოეული ნიმუშის 5 ადგილზე აღებული სპექტრის ანალიზმა დაადასტურა, რომ განსხვავება ელფერის სითანაბრეთა შორის უმნიშვნელოა ($\Delta E_{ab} < 0.3$).

შეღებილი ნიმუშების გარეცხვა ხდებოდა 250 მლ სითხეში შემდეგი რეჟიმით:

1. დისტილირებული წყალი ოთახის ტემპერატურაზე 5 წუთის განმავლობაში;
2. ძმარმჟავას ხსნარი (pH=5,5) 50 °C ტემპერატურაზე 5 წუთის განმავლობაში;
3. დისტილირებული წყალი 90 °C ტემპერატურაზე 5 წუთის განმავლობაში;
4. დისტილირებული წყალი 95 °C ტემპერატურაზე 5 წუთის განმავლობაში;
5. დისტილირებული წყალი 50 °C ტემპერატურაზე 5 წუთის განმავლობაში.

2.2.2. ქსოვილზე დაფიქსირებული საღებრის განსაზღვრის მეთოდები

2.2.2.1. პირდაპირი მეთოდი

წინასწარ მომზადებულ, 21°C ტემპერატურაზე 65% ტენშემცველობის მქონე 0,1 გ შეუღებავ ქსოვილს ვხსნიდით 10 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში 0°C ტემპერატურაზე. პარალელურად 10 მლ დისტილირებულ წყალში მომზადებული იქნა 7 სხვადასხვა კონცენტრაციის ($5 \cdot 10^{-3}$ გ/ლ-დან $6 \cdot 10^{-2}$ გ/ლ-მდე) ხსნარი ორივე საღებრისათვის, რომელთაც ფრთხილად შევურიეთ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში გახსნილი ქსოვილი და დისტილირებული წყლით შევავსეთ 25 მლ-მდე. მიღებული ხნარების შთანთქმის მაქსიმუმების მიხედვით შევადგინეთ საკალიბრო მრუდები ორივე საღებრისათვის.

ფაქტობრივად დაფიქსირებული საღებრის განსაზღვრის მიზნით შეღებილი ქსოვილიდან (წონით $5 \pm 0,01$ გ) ვიღებდით 0,1 გ ნიმუშს, ვხსნიდით 10 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში, ფრთხილად ვუმატებდით 10 მლ დისტილირებულ წყალს და ხსნარს ვავსებდით დისტილირებული წყლით 25 მლ-მდე. იგივე პროცედურას ვატარებდით შეუღებავი ქსოვილისათვის. საკვლევ ნიმუშში კოვალენტურად დაფიქსირებული საღებრის რაოდენობას- Af ვსაზღვრავდით შეღებილი და შეუღებავი ნიმუშების სპექტრალური

შთანთქმის უნართა სხვაობის მიხედვით (ფორმულა 1):

$$A_d - A_w = A_f \quad (1)$$

სადაც: A_d , A_w , არის შეღებილი და შეუღებავი ნიმუშების სპექტრალური შთანთქმის მაჩვენებლები.

საღებრის კომერციული ფორმები შეიცავს არა მარტო სუფთა პიგმენტს, რაც გათვალისწინებული იქნა საკალიბრო მრუდების აგებისას.

2.2.2.2. არაპირდაპირი მეთოდი I

ქსოვილის ღებვის დასრულების შემდეგ ნარჩენი აბაზანის ხსნარი და ქსოვილის გარეცხვის შემდეგ დარჩენილი ხსნარი ერთიანდება და დისტილირებული წყლით შეივსება 2000 მლ-მდე. შთანთქმის სპექტრების ანალიზით განისაზღვრება საწყის აბაზანასა (A_0) და ნარჩენ აბაზანას შორის (A_{uf}) საღებრის კონცენტრაციათა სხვაობა. ქსოვილზე დაფიქსირებული საღებრის რაოდენობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$C_{fixed}[\%] = 100 \left(1 - \frac{A_{uf}}{A_0} \right) \quad (2)$$

2.2.2.3 არაპირდაპირი მეთოდი II

ეს მეთოდი დაფუძნებულია არეკვლისა და შთანთქმის სპექტრების ერთობლივ გამოყენებაზე. სამღებრო აბაზანის შთანთქმის სპექტრი უნდა გაიზომოს ღებვის დაწყებამდე (A_p) და ღებვის დასრულების შემდეგ (A_s). ასევე უნდა გადავიღოთ ქსოვილის არეკვლის სპექტრი ღებვის დასრულების, გაწურვის და შრობის შემდეგ (R_1) და შეღებილი ქსოვილის დისტილირებულ წყალში კარგად გარეცხვის და 105°C გამშრობის შემდეგ (R_2). K/S ფუნქციის მნიშვნელობა გამოთვლილი იქნა კუბელკი-მუნკის ფორმულის მიხედვით:

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} = ac \quad (3)$$

K/S ფუნქციის მნიშვნელობის მიხედვით ქსოვილზე დაფიქსირებული საღებრის რაოდენობა გამოთვლილი იქნა შემდეგნაირად:

$$C_{fixed}[\%] = \left[\left(1 - \frac{A_s}{A_p} \right) * \frac{(K/S)_2}{(K/S)_1} \right] * 100 \quad (4)$$

დისპერსული ანალიზის გამოყენებით დაფიქსირებული საღებრის განსაზღვრის მეთოდების შეფასება

ექსპერიმენტზე მოქმედი ფაქტორები და გაზომვების შემთხვევითი ცდომილებები შეფასებული იყო დისპერსული ანალიზის მეთოდით.

დისპერსული ანალიზის გამოყენების პირობები შემდეგია: გრაფიკულად განსაზღვრული ნარჩენების (განსხვავება გაზომილ და გამოთვლილ მონაცემთა შორის) ნულთან მიახლოებული შემთხვევითი ფლუქტუაცია; ნარჩენების ნორმალური განაწილება გაუსის ნორმალური განაწილების მრუდის შესაბამისად; ერთგვაროვანი დისპერსიები.

შესწავლილ იქნა პირდაპირი და არაპირდაპირი მეთოდების გამოყენებისას ექსპერიმენტზე მოქმედი 3 ფაქტორი: α : ექსპერიმენტის ჩატარების დღის ეფექტი, შემთხვევითი ფაქტორი; B : საღებავის კონცენტრაციის ეფექტი, მუდმივი ფაქტორი,

- γ : განმეორებითი შეღებვის ფაქტორი. გამოყენებულია შემდეგი მოდელი (განტ. 5):

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + B_j + \alpha B_{ij} + y_{k(ij)} + \varepsilon_{l(ijk)} \quad (5)$$

სადაც:

- y_{ijkl} არის დაფიქსირებული საღებრის წილი, რომელიც მიღებულ იქნა i -რ დღეს, j -რი კონცენტრაციით, k -რი განმეორებითი შეღებვით, და l -რი განმეორებითი გაზომვით.

- μ - დაფიქსირებული საღებრის წილის საშუალო სიდიდე.

- α_i - i -რი დღის ეფექტი,

- B_j - j -რი საღებავის კონცენტრაციის ეფექტი,

- αB_{ij} - i -რი დღის და j -რი საღებავის კონცენტრაციის შორის ურთიერთკავშირი,

- γ_k - k-რი განმეორებითი შეღებვის ეფექტი,

$E_{l(ijk)}$ - გაზომვის (ანალიზური)ცდომილება 1-რ განმეორებით ანალიზში.

ქსოვილის ღებვა ჩატარდა 3 დღის განმავლობაში ($i=1,2,3$), საღებრის 2 კონცენტრაციისა ($j=1,2$) და შეღებვის პროცესის 3-ჯერ გამეორების ($k=1,2,3$) პირობებში.

საღებარი		მეთოდი					
კოდი	საღებრის ნომინალური კონცენტრაცია (გ/100გ ბოჭკოზე)	პირდაპირი		არაპირდაპირი I		არაპირდაპირი II	
		დაფიქსირებული საღებრის წილი (%)	დისპერსია (%)	დაფიქსირებული საღებრის წილი (%)	დისპერსია (%)	დაფიქსირებული საღებრის წილი (%)	დისპერსია (%)
B	0.6	83.3	5.20	85.3	0.52	84.5	3.20
	3.0	86.0		85.4		86.5	
C	0.6	69.5	8.12	71.4	0.45	75.5	3.12
	3.0	75.2		75.1		73.3	

დაფიქსირებული საღებრის რაოდენობრივი წილის განსაზღვრის სამი მეთოდის გამოყენებით ნაპოვნი იქნა საღებრის თითქმის თანაბარი შემცველობა. აღმოჩნდა, რომ დაფიქსირებული საღებრის რაოდენობა არ არის მნიშვნელოვნად დამოკიდებული საღებრის ნომინალურ კონცენტრაციაზე სამღებრო აბაზანაში კონცენტრაციათა შერჩეულ დიაპაზონში. შესაძლოა ეს იახსნას იმით, რომ საღებრის უფრო მაღალი კონცენტრაციაც კი არ იყო ახლოს გაჯერებულ მდგომარეობასთან. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ დისპერსიის კომპონენტის სიდიდეები სამივე მეთოდის დროს იყო განსხვავებული. დისპერსიის ყველაზე მაღალი ერთგვაროვნება შეინიშნება არაპირდაპირი I მეთოდის გამოყენების დროს. ნაკლებად ერთგვაროვანია დისპერსია არაპირდაპირი II მეთოდისგამოყენებისას და ყველაზე უარესი შედეგები მიიღება პირდაპირი მეთოდის გამოყენების დროს. ამასთანავე, ეს უკანასკნელი იყო ყველაზე რთული და არახელსაყრელი ექსპერიმენტის სხვა პარამეტრების მიხედვითაც. B და C ჰეტერო ბიფუნქციონალური საღებრების დაფიქსირებულ წილთა შორის სხვაობის სავარაუდო მიზეზად უნდა ჩაითვალოს სხვაობა ქრომოფორის სტრუქტურაში.