

UDC 681.3

SCOPUS CODE 1601

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-4-25-32>

**დიამინო-დიესტერების ბის-პ-ტოლუოლსულფონატები ციკლური დიოლების  
საფუძველზე – ახალი საკვანძო მონომერები მაღალმოდულიანი  
ფსევდოპროტეინების მისაღებად**

**სოფიკო კვინიკაძე** ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს  
ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 69  
E-mail: [sophi.kvinikadze@gmail.com](mailto:sophi.kvinikadze@gmail.com)

**რეცენზენტები:**

**მ. ნადირაშვილი**, აკადემიური დოქტორი, სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის, ფეთქებადი  
მასალების ექსპერტიზის, აფეთქებისგან დამცავი სტრუქტურების და მაღალტექნოლოგიური  
კომპოზიტების განყოფილების უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი

E-mail: [merabnadirashvili@gmail.com](mailto:merabnadirashvili@gmail.com)

**ზ. გელიაშვილი**, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: [z.geliashvili@gtu.ge](mailto:z.geliashvili@gtu.ge)

**ანოტაცია.** დღესდღეობით, პოლიმერული ნარ-  
ჩენებით გარემოს დაბინძურება ერთ-ერთი მწვავე  
ეკოლოგიური პრობლემაა. მდგომარეობა მნიშვნე-  
ლოვნად გაუარესდა პანდემიის პირობებში. COVID-  
19-მა არა მხოლოდ ზიანი მიაყენა ადამიანების ჯან-  
მრთელობას და მსოფლიო ეკონომიკას, არამედ სა-  
ფრთხე შეუქმნა გარემოს მდგრადობას (დღის განმავ-  
ლობაში, დაახლოებით 8 მილიონი პოლიმერული  
ნარჩენი აღწევს ოკეანეებში) [1]; [2]. პოლიმერული  
მასალების გადამუშავება მოითხოვს მნიშვნელოვან  
ფინანსებს, ასევე დროსა და ადამიანურ რესურსს.

პრობლემის მასშტაბურობიდან გამომდინარე, ბოლო  
წლებში განსაკუთრებით გაიზარდა მოთხოვნა ბიო-  
დეგრადირებად, ეკომეგობრულ მასალებზე, რომ-  
ლებიც ექსპლუატაციის პერიოდის გასვლის შემდეგ  
დაიშლება და არ დააბინძურებს გარემოს. წარმოდგე-  
ნილი კვლევა შეეხება ხისტი სტრუქტურის მონო-  
მერებისა და მათ საფუძველზე ბიოდეგრადირებადი  
პოლიმერების სინთეზს.

სტატიაში მოცემულია ექვსი ახალი მონომერის -  
ტოზილ დიამინო-დიესტერების სინთეზი და მათ  
საფუძველზე ზოგიერთი ხისტი სტრუქტურის პო-  
ლიესტერმარდოვანას მიღება. მსგავსი ტიპის პოლი-

მერები აქტიურად გამოიყენება ძირითადად სამედიცინო სფეროში, თუმცა, მათი მექანიკური მახასიათებლებიდან გამომდინარე, მოსალოდნელია გამოყენების სფერო იყოს ინჟინერიის ზოგიერთი მიმართულება.

**საკვანძო სიტყვები:** ბიოდეგრადირებადი პოლიმერები; ფსევდოპროტეინები; პოლიესტერმარდოვანები; ახალი დიამინო-დიესტერები; ციკლური დიოლები.

## შესავალი

დღეისათვის შექმნილია და უკვე კომერციულადაც წარმატებულია არაერთი ბიოდეგრადირებადი პოლიმერი, რომელთა უმეტესობა განეუთვნება პოლიესტერულ კლასს [3]; [4]. ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების შედარებით ახალი წარმომადგენლებია ხელოვნური (სინთეზური) პოლიმერები ბუნებრივი  $\alpha$ -ამინომჟავების საფუძველზე – ე. წ. ფსევდოპროტეინები [5-9]. ბიოდეგრადირებადი მასალების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მექანიკური სიმტკიცე, რაც განსაზღვრავს პოლიმერის პრაქტიკული გამოყენების სფეროს. მაღალი მექანიკური მახასიათებლების მქონე ბიოდეგრადირებადი პოლიმერები დღეს წარმატებით გამოიყენება სამედიცინო მიმართულებით – ძვლის ქირურგიაში; მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ პერსპექტიულია ასევე მათი გამოყენება საინჟინრო საქმეში ეკო-მეგობრული (eco-friendly), დროებითი დანიშნულების მასალების სახით. მექანიკური სიმტკიცის თვალსაზრისით, დღეისათვის რეკორდული მახასიათებლები გამოავლინეს ფსევდოპროტეინების უმნიშვნელოვა-

ნესმა წარმომადგენლებმა – პოლიესტერმარდოვანებმა, რაც უნდა მივაწეროთ ძლიერ ინტერმოლეკულურ წყალბადურ ბმებს მარდოვანულ ფრაგმენტებს შორის.

დღეისათვის სინთეზირებულია სამი ძირითადი კლასის ფსევდოპროტეინი – პოლიესტერამიდები, პოლიესტერმარდოვანები და პოლიესტერურეთანები, რომლებიც მიიღება საკვანძო მონომერების – დიამინო-დიესტერების დი-3-ტოლუოლსულფონატების ურთიერთქმედებით (პოლიკონდენსაციით) სხვადასხვა ბის-ელექტროფილებთან [5-9]. სინთეზის სიმარტივე,  $\alpha$ -ამინომჟავების და დიოლების მრავალფეროვნება, ხელმისაწვდომობა და სიააფე, დიამინო-დიესტერების დი-3-ტოლუოლსულფონატების მაღალი გამოსავლები (90-95 %), გასუფთავება უმარტივესი მეთოდით – წყლიდან გადაკრისტალაციით, ეკოლოგიურად არასასურველი ტოქსიკური ნარჩენების არარსებობა, განაპირობებს ამ ტიპის ბის-ნუკლეოფილური მონომერების სიააფეს და მიღების მაღალტექნოლოგიურობას, რაც თავის მხრივ, განაპირობებს ფსევდოპროტეინების დაბალ ფასსა და ფართო ასორტიმენტს, მათ პერსპექტიულობას როგორც სამედიცინო, ისე ტექნიკური მიმართულებით – ეკომეგობრული, საინჟინრო დანიშნულების, ბიოდეგრადირებადი კომპოზიტების სახით. საინჟინრო მასალებად ყურადღებას იპყრობს მაღალმოდულიანი ფსევდოპროტეინები – პოლიესტერმარდოვანები, რაც ჩვენი კვლევის საგანია.

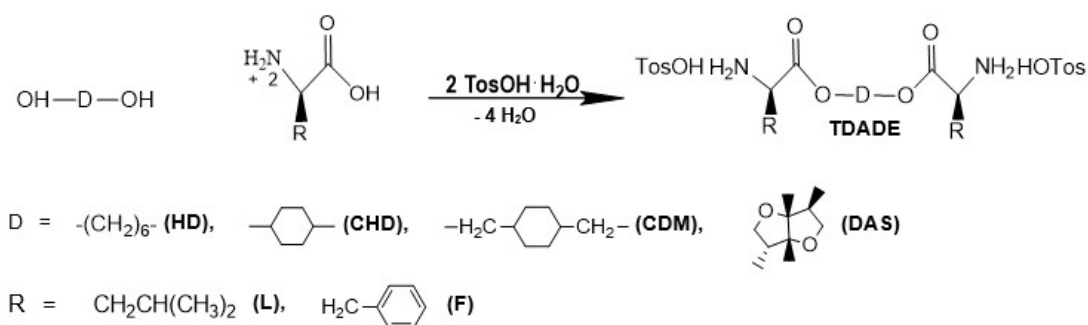
დღეისათვის მიღებულ ბიოდეგრადირებად პოლიმერებს შორის პოლიესტერმარდოვანების კლასის ფსევდოპროტეინებმა გამოავლინეს სიმტკიცის რეკორდული მახასიათებლები (მაგალითად, არომატული ამინომჟავა L-ფენილალანინის საფუძველზე

მიღებული პოლიესტერმარდოვანას იუნგის მოდული ტოლია  $6.0 \pm 1.1$  GPa [10-12]). ეს პოლიესტერმარდოვანა, სინთეზირებული მოქნილჯაჭვიანი საშენი ბლოკის – 1,6-ჰექსანდიოლის საფუძველზე, ავლენს მაღალ მექანიკურ სიმტკიცეს, რაც უნდა მივაწეროთ ძლიერ ინტერმოლეკულურ წყალბადურ ბმებს შარდოვანულ ფრაგმენტებს შორის. შესაბამისად, ჩვენ მივიჩნით, რომ აღნიშნული კლასის ფსევდოპროტეინების მექანიკური მახასიათებლების შემდგომი ზრდა შესაძლებელია მაკრომოლეკულების სიხისტის გაზრდით – შეზღუდული შიგამოლეკულური ძვრადობის მქონე, კომერციულად ხელმისაწვდომი ციკლური დიოლების – 1,4-ციკლოჰექსანდიოლის, 1,4-ციკლოჰექსანდიმეთანოლის და 1,4:3,6-დიანჰიდრო-D-სორბიტოლის გამოყენებით. მოსალოდნელია, რომ აღნიშნული დიოლების გამოყენებით მაღალი მექანიკური სიმტკიცე მიიღწევა, ასევე ალიფატური ამინომჟავა L-ლეიცინის გამოყენებით, რომლის საფუძველზეც მიღებული პოლიესტერამიდური კლასის ფსევდოპროტეინები გამოირჩევა უკეთესი ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლო-

გიური პარამეტრებით (ხსნადობა, ღლობა, ბიოთავსებადობა და სხვ.), ნაკეთობის გადამუშავების სიმარტივით.

### ძირითადი ნაწილი

წარმოდგენილი სამუშაოს ფარგლებში ჯამში მივიღეთ ექვსი მონომერი – ბის-L-ლეიცინ-1,4-ციკლოჰექსანდიოლ დი-პ-ტოლუოლსულფონატი, **L-CHD**; ბის-L-ლეიცინ-1,4-ციკლოჰექსანდიმეთანოლ დი-პ-ტოლუოლსულფონატი, **L-CDM**; ბის-L-ლეიცინ-1,4-დიანჰიდრო-D-სორბიტოლ დი-პარატოლუოლსულფონატის, **L-DAS**; ბის-L-ფენილალანინ-1,4-ციკლოჰექსანდიმეთანოლ დი-პ-ტოლუოლსულფონატი, **F-CDM**; ბის-L-ფენილალანინ-1,4-ციკლოჰექსანდიოლ დი-პ-ტოლუოლსულფონატი, **F-CHD**; ბის-L-ფენილალანინ-1,4-დიანჰიდრო-D-სორბიტოლ დი-პ-ტოლუოლსულფონატი, **F-DAS**. მათგან ორი მონომერი – **L-DAS** და **F-DAS** აღწერილია ადრე და გამოყენებულია პოლიესტერამიდური კლასი ფსევდოპროტეინის სინთეზში აქტივირებული პოლიკონდენსაციის მეთოდით [13].



სქემა 1. დიამინო-დეესტერების დი-პ-ტოლუოლსულფონატების სინთეზი დიოლებისა და ამინომჟავების პირდაპირი კონდენსაციით.

საკვანძო მონომერები – დიამინო-დიესტერების დი-პ-ტოლუოლსულფონატები დავასინთეზებთ ციკლოური დიოლების უშუალო თერმული კონდენსაციით  $\alpha$ -ამინომჟავებთან, მდუღარე ორგანული გამხსნელის არეში პ-ტოლუოლსულფომჟავას თანაობისას, ადრე აღწერილი პროტოკოლის შესაბამისად [5-9]. ამინომჟავებად შეირჩა L-ლეიცინი (L) და L-ფენილალანინი (F) (ორივე ამინომჟავა შევისყიდეთ Sigma-სგან. სინთეზში გამოვიყენეთ დამატებითი გასუფთავების გარეშე), ხოლო ციკლურ დიოლად გამოვიყენებულ იქნა - 1,4- ციკლოჰექსანდიოლი (CHD) და 1,4-ციკლოჰექსანდიმეთანოლი (CDM); კვლევის პროგრამაში ჩავრთეთ ასევე 1,4:3,6-დიანჰიდრო-D-სორბიტოლი (DAS), რომელიც იწარმოება ინდუსტრიულ მასშტაბში განახლებადი რესურსებიდან (სახამებლიდან) [14]. სამივე დიოლი შევიძინეთ Sigma-Aldrich-სგან და გამოვიყენეთ სინთეზში დამატებითი გასუფთავების გარეშე. როგორც აღვნიშნეთ, მონომერები დასინთეზდა დი-პ-ტოლუოლსულფომჟავას მარილების სახით, ამინომჟავებისა და დიოლების თერმული კონდენსაციით, პირველი სქემის შესაბამისად.

მონომერების სინთეზის პროტოკოლი ასეთია: ამინომჟავებისა (2 მოლი) და დიოლების (1 მოლი) თერმული კონდენსაცია მდუღარე, ინერტული ორგანული გამხსნელის არეში მიმდინარეობს პ-ტოლუოლსულფომჟავას მონოჰიდრატის (მცირე სიჭარბე - 2.1 მოლი) თანაობისას. პ-ტოლუოლსულფომჟავა აღნიშნულ რეაქციებში ასრულებს კონდენსაციის რეაქციის კატალიზატორის ფუნქციას და უზრუნველყოფს პირველადი  $\alpha$ -ამინოჯგუფების დაცვას (რათა ისინი არ შევიდნენ რეაქციაში საკუთარ ესტერულ

ბმებთან). მოწოდებული პროტოკოლის შესაბამისად რეაქცია ჩატარდა მდუღარე ორგანული გამხსნელის არეში [5-9]. L-CDM, L-CHD, F-CDM და F-CHD მონომერების სინთეზისათვის ორგანულ გამხსნელად გამოვიყენეთ ციკლოჰექსანი (დუღილის ტემპერატურა 80.7 °C), რომელიც ნაკლებტოქსიკურია ადრე გამოყენებულ [5-9] ბენზოლთან და ტოლუოლთან შედარებით. სტერილურად უფრო ეკრანირებული 1,4:3,6-დიანჰიდრო-D-სორბიტოლის (DAS) შემთხვევაში, L-DAS-ის და F-DAS მონომერების სინთეზი განვახორციელეთ უფრო მაღალმდუღარე ტოლუოლის არეში (დუღილის ტემპერატურა 110.6 °C). მონომერები მივიღეთ მაღალი გამოსავლებით (80-98 %) მდგრადი მარილების – დი-პ-ტოლუოლსულფონატების სახით, რომელთაგან ოთხი (L-CDM, L-CHD, F-CDM და F-CHD) კრისტალდება წყლიდან (რაც უადრესად ტექნოლოგიურია) და მოსახერხებელია მანიპულიაციებისას. DAS-ის საფუძველზე დამზადებული მონომერების გასასუფთავებლად გამოვიყენეთ მეთანოლი/ტოლუოლის ნარევი[13]. სინთეზის შემდეგ (გადაკრისტალებამდე) მონომერების გამოსავლიანობა შემდეგია: **L-CHD 96 %; L-CDM 97 %; L-DAS 80 %; F-CHD 94 %; F-CDM 98 %; F-DAS 89 %.**

მონომერების სტრუქტურის დადასტურების მიზნით, გადავიღეთ მათი ინფრაწითელი სპექტრი კალიუმის ბრომიდში (Thermo Nicolet Avatar 370 FT-IR spectrophotometer coupled with EZ OMNIC software). ნაერთების ინფრაწითელ სპექტრებში ფიქსირდება შემდეგი შთანთქმის ზოლები:

**L-CHD:** 1734  $\text{სმ}^{-1}$  ( $\text{-C=O}$  ესტერული); 3028  $\text{სმ}^{-1}$ , 2919  $\text{სმ}^{-1}$  ( $\text{-NH}_3^+$ ); 1237  $\text{სმ}^{-1}$  ( $\text{-CO}$ ); 814  $\text{სმ}^{-1}$  (S-O ტოზილი), 1037  $\text{სმ}^{-1}$ , 1013  $\text{სმ}^{-1}$  (S=O ტოზილი).

**L-CDM:** 1745სმ<sup>-1</sup> (-C=O ესტერული); 3084სმ<sup>-1</sup>, 2980სმ<sup>-1</sup> (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>); 1220სმ<sup>-1</sup> (-CO); 813სმ<sup>-1</sup> (S-O ტოზილი), 1015სმ<sup>-1</sup>, (S=O ტოზილი).  
2927სმ<sup>-1</sup> (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>); 1220სმ<sup>-1</sup> (-CO); 813სმ<sup>-1</sup> (S-O ტოზილი), 1038სმ<sup>-1</sup>, 1013სმ<sup>-1</sup> (S=O ტოზილი).

**L-DAS:** 1755სმ<sup>-1</sup> (-C=O ესტერული); 3084სმ<sup>-1</sup>, 2927სმ<sup>-1</sup> (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>); 1160სმ<sup>-1</sup> (-CO); 816სმ<sup>-1</sup> (S-O ტოზილი), 1126სმ<sup>-1</sup> (S=O ტოზილი).  
**F-DAS:** 1735სმ<sup>-1</sup> (-C=O ესტერული); 2927სმ<sup>-1</sup> (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>); 1127სმ<sup>-1</sup> (-CO); 850სმ<sup>-1</sup> (S-O ტოზილი), 1123სმ<sup>-1</sup> (S=O ტოზილი).

**F-CHD:** 1735სმ<sup>-1</sup> (-C=O ესტერული); 3080სმ<sup>-1</sup>, 3100სმ<sup>-1</sup> (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>); 1140სმ<sup>-1</sup> (-CO); 813სმ<sup>-1</sup> (S-O ტოზილი), 1120სმ<sup>-1</sup> (S=O ტოზილი).  
პარალელურად მონომერების სტრუქტურა დავადასტურეთ <sup>1</sup>H ბმრ სპექტრული ანალიზით.

**F-CDM:** 1743სმ<sup>-1</sup> (-C=O ესტერული); 3075სმ<sup>-1</sup>, მიღებული მონომერისათვის კაპილარული მეოდიტ განვსაზღვრეთ ლღობის ტემპერატურა, რომელიც მოცემულია ცხრილში.

ცხრილი

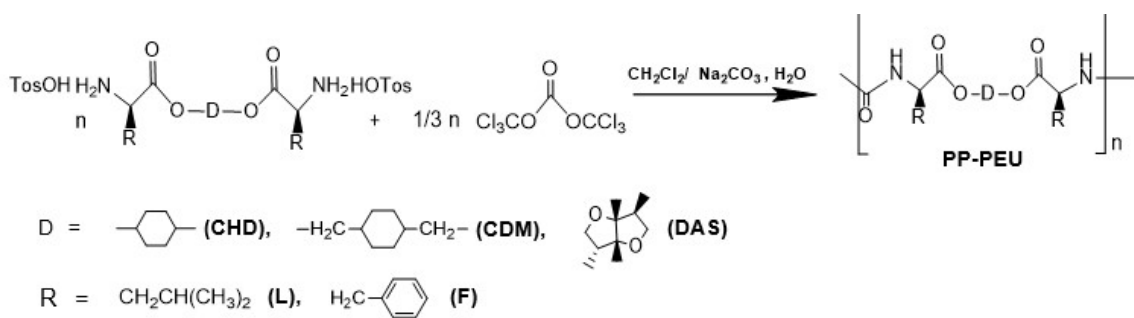
მონომერების ლღობის ტემპერატურები

მონომერები	ლღობის ტემპერატურა, m.p.	ლიტერატურული m.p.
L-CDM	219- 220 °C	სინთეზირებულია პირველად
L-CHD	228-230 °C	სინთეზირებულია პირველად
L-DAS	253-255 °C	253-256 °C [13]
F-CDM	248-249 °C	სინთეზირებულია პირველად
F-CHD	228-229 °C	სინთეზირებულია პირველად
F-DAS	263-265 °C	264-266 °C [13]

პოლიმერების ქიმიიდან ცნობილია, რომ მონომერების აღნაგობის და სისუფთავის უტყუარი დასაბუთებაა მათ საფუძველზე მაღალმოლეკულური პოლიმერის სინთეზი. ამ მიზნით, კვლევის შემდეგ ეტაპზე განვახორციელეთ ლეიცილის საფუძველზე მიღებული, ახალი დიამინო-დიესტერების დი-პ-ტოლოლსულფონატების - L-CHD, L-CDM და L-DAS წინასწარი ფაზათაშორის პოლიკონდენსაცია ტრიფოსფენთან, როგორც ეს ადრე იყო აღწერილი სხვა დიამინო-დიესტერული მონომერებისთვის [11].

პოლიკონდენსაციის რეაქციის ზოგადი სქემა მოყვანილია ქვემოთ (იხ. სქემა 2). სარეაქციო არედ გამო-

ვიყენეთ ორფაზიანი სისტემა მეთილენქლორიდი/წყალი: მონომერი (1 მოლი) და Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (HCl-ის შემზოჭავი, 4 მოლი) გაიხსნა წყალში ≈ 40-45 °C ტემპერატურაზე. შემდეგ ნელა გავაცივეთ ოთახის ტემპერატურაზე და მოვათავსეთ ყინულებიან აბაზანაში რათა ცალკე მომზადებული ორგანული ფაზა დამატებოდა 5 °C ტემპერატურაზე. სწრაფი მორევის პირობებში დაემატა ტრიფოსფენის (1/3 მოლი) ხსნარი მეთილენქლორიდში. ნარევის მორევა მიმდინარეობს 20 წთ-ის განმავლობაში. ამ დროის გასვლის შემდეგ ჩამოყალიბდა 3 ფაზა, რომელთაგან შუას წარმოადგენს პოლიმერი, რომელიც განვაცალკევეთ და გავაშრეთ.



სქემა 2. TDADE-მონომერების პოლიკონდენსაცია ტრიფოსფენთან - PP-PEU პოლიმერების სინთეზი (ორფაზიანი სისტემა  $\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{H}_2\text{O}$ ).

ყველა სინთეზირებული პოლიესტერმარდოვანა დიქლორმეთანის ხსნარიდან წარმოქმნის ელასტიკურ აფსკს, რაც მეტყველებს მათ მაღალ მოლეკულურ მასებზე. პოლიმერების სინთეზი და მათი დახასიათება მოლეკულური მასებით (გელ-ქრომატოგრაფია), თბოფიზიკური პარამეტრებით (მასკანირებული კალორიმეტრია), მექანიკური თვისებებით (იუნგის მოდული) და ბიოდეგრადაციის უნარით (TOC მეთოდი) არის ჩვენი კვლევის შემდგომი ეტაპი.

შევნიშნავთ, რომ მიღებული ახალი მონომერები პერსპექტიულია ასევე სხვა კლასის ფსევდოპროტეინების, მაგალითად, მაღალმოდულიანი პოლიესტერამიდების სინთეზისათვის.

### დასკვნა

კვლევის მოცემულ ეტაპზე, დავასინთეზეთ ექვსი საკვანძო მონომერი. სინთეზისათვის გამოვიყენეთ სამი დიოლი (1,4 - ციკლოჰექსანდიოლი, 1,4-ციკლოჰექსადიმეთანოლი და დიანჰიდრო-D-სორბიტოლი) და ორი ამინომჟავა – ლეიცინი და ფენი-

ლალანინი. რეაქცია ჩავატარეთ ციკლოჰექსანისა და ტოლუოლის არეში. მონომერების სტრუქტურის დადასტურების მიზნით, გადავიღეთ მათი ინფრაწითელი სპექტრი კალიუმის ბრომიდში. სტრუქტურა დავადასტურეთ  $^1\text{H}$  ბმრ სპექტრული ანალიზით. მონომერები დავახასიათეთ ასევე ლობის ტემპერატურებით (იხ. ცხრილი). კვლევის მოცემულ ეტაპზე, ლეიცინისა და ფენილალანინის საფუძველზე მიღებული მონომერებისაგან დავასინთეზეთ 6 ახალი პოლიმერი (პოლიესტერმარდოვანა). თითოეული მათგანი დიქლორმეთანის ხსნარიდან წარმოქმნის ელასტიკურ აფსკს, რაც მეტყველებს მათ მაღალ მოლეკულურ მასებზე.

კვლევა [PHDF-21-184] განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით („მაღალი მექანიკური სიმტკიცის, პოლიესტერმარდოვანების კლასის ფსევდოპროტეინების სინთეზი და კვლევა“).

ლიტერატურა

1. Wang, Q, Zhang, F. (2021, May 1). What does the China's economic recovery after COVID-19 pandemic mean for the economic growth and energy consumption of other countries? *Journal of Clean Production*, 295. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126265
2. Sharma, V.K., Jinadatha, C., Lichtfouse, E. (2020). Environmental chemistry is most relevant to study coronavirus pandemics. *Environmental Chemistry Letters*, 18(4), 993-996. doi:10.1007/s10311-020-01017-6.
3. Vroman, I, Tighzert, L. (2009). Biodegradable polymers. *Science & Medicine*, 2(2), 307-344. <https://doi.org/10.3390/ma2020307>
4. Luckachan, G.E., Pillai, C.K. (2011). Biodegradable polymers – a review on recent trends and emerging perspectives. *Journal of Polymers and the Environment*, 19(3), 637-676. <https://doi.org/10.1007/s10924-011-0317-1>
5. Katsarava, R., Gomurashvili, Z. (2011). Biodegradable Polymers Composed of Naturally Occurring  $\alpha$ -Amino Acids. In Lendlein, A. and Sisson, A. (Eds.), *Handbook of Biodegradable Polymers - Isolation, Synthesis, Characterization and Applications*. (pp. 107-131). Wiley-VCH, Verlag GmbH & Co. KGaA.
6. Yousefzade, O., Katsarava, R, Puiggali, J. (2020) Biomimetic Hybrid Systems for Tissue Engineering. *Biomimetics*, 5 (4). <https://doi.org/10.3390/biomimetics5040049>
7. Zavadashvili, N., Puiggali, J., Katsarava, R., (2020) Artificial polymers made of  $\alpha$ -amino acids – Poly Amino Acids, Pseudo-PolyAmino Acids, Polydepsipeptides, and Pseudo-Proteins. *Current Pharmaceutical Design*, 26(5), 566-593.
8. Kobauri, S., Kantaria, T., Kupatadze, N., Kutsiava, N., Tugushi, D., Katsarava, R. (2019). Pseudo-proteins: A new family of biodegradable polymers for sophisticated biomedical applications. *Nano Technology & Nano Science Journal*, 1, 37-42.
9. Katsarava, R., Tugushi, D., Gomurashvili, Z.D. (2014). Polyester urea) Polymers and Methods of Use. U.S. Patent No. 8,765,164.
10. Stakleff, K.S., Lin, F., Smith, Callahan, L.A., Wade, M.B., Esterle, A., Miller, J., Becker, M.L. (2013). Resorbable, amino acid-based polyester ureas crosslinked with osteogenic growth peptide with enhanced mechanical properties and bioactivity. *Acta Biomaterialia*, 9, 5132-5142.
11. Policastro, G.M., Lin, F., Smith-Callahan, L.A., Esterle, A., Stakleff, K S., Becker, M.L. (2015). OGP functionalized phenylalanine-based polyester urea) for enhancing osteoinductive potential of human mesenchymal stem cells. *Biomacromolecules*, 16, 1358-1371.
12. Policastro, G., Lin, F., Esterle, A., Harris, F., Graham, M., Katsarava, R., Stakleff, K.S., Becker, M.L. (2015). OGP Functionalized Phenylalanine-based Polyester urea for Enhancing Osteoinductive Potential of human Mesenchymal Stem Cells. *249<sup>th</sup> ACS National Meeting & Exposition*, March 22-26, Denver, CO, USA
13. Gomurashvili, Z., Kricheldorf, H.R., Katsarava, R. (2000). Amino acid based bioanalogous polymers. Synthesis and study of new regular polyester amidess composed of hydrophobic  $\alpha$ -amino acids and dianhydrohexitols. *Journal of Macromolecular Science - Pure and Applied Chemistry*, 37, 215-227.
14. Fenouillot, F., Rousseau, A., Colomines, G., Saint-Loup, R., Pascault, J-P. (2010). Polymers from renewable 1,4:3,6-dianhydrohexitols (isosorbide, isomannide and isoidide): A review. *Progress in Polymer Science*, 35 (5), 578-622. Doi:10.1016/j.progpolymsci. 2009.10.001

UDC 681.3

SCOPUS CODE 1601

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2022-4-25-32>

## Bis-p-toluenesulfonates of Diamino-dieters Based on Cyclic Diols – New Key Monomers for Obtaining High-modulus Pseudoproteins

**Sophiko Kvinikadze**

Department of Chemical and Biological Technologies, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 69, M. Kostava str.

E-mail: [sophi.kvinikadze@gmail.com](mailto:sophi.kvinikadze@gmail.com)

### Reviewers:

**M. Nadirashvili**, Academic doctor, L.E.P.L. G. Tsulukidze Mining Institute, Expertise of Explosive Materials, Explosion Protection Structures, and a High-tech Composites Division; Synthesis, Expertise, and Explosive Technology Laboratory, Senior Researcher

E-mail: [merabnadirashvili@gmail.com](mailto:merabnadirashvili@gmail.com)

**Z. Geliashvili**, Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU

E-mail: [z.geliashvili@gtu.ge](mailto:z.geliashvili@gtu.ge)

**Abstract.** Environmental pollution caused by placing polymer waste into the environment without proper recycling is one of the most acute problems existing nowadays in terms of environmental stability. This problem has been exacerbated during the Covid-19 period. Covid-19 threatened not only human health but it negatively affected environmental stability. (According to credible statistical data every day about 8 million polymer waste is released into oceans [1], [2]). Recycling polymer material requires significant financial contribution along with human resources and time. According to the fact that demands on biodegradable materials have increased because after their exploitation period, they will not pollute the environment.

This research is about synthesizing inflexible structured monomers and also the synthesis of new polymers based on the above-mentioned monomers is discussed. In this research synthesis of six new monomers (Tozyl diamino-dieters) is provided along with some polymer polyester urea synthesis techniques. It should be noted that these kinds of polymers might be used in the field of medicine but after taking into consideration their mechanical properties they might be used in specific parts of the engineering field as well.

**Keywords:** biodegradable polymers; characterization; monomers; polyester ureas; synthesis.

*განხილვის თარიღი 24.10.2022*

*შემოსვლის თარიღი 08.10.2022*

*ხელმოწერილია დასაბეჭდად 16.12.2022*