

საქართველოს ზოგიერთი ჰალოფიტი მცენარის ფარმაკო-ბოტანიკური შესწავლა

ციალა ღვინიაშვილი¹, თამარ ზანგურაშვილი¹, ლიანა ჯინჯოლია¹, მალხაზ ჯოხაძე², დალი ბერაშვილი², სოფიო გოქაძე², ანა ბოჟაძე³, ლალი ზარდიაშვილი²

¹ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ნიკო კეცხოველის ბოტანიკის ინსტიტუტი E-mail: tuzbibir@gmail.com; ²თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, ფარმაცევტული ბოტანიკის დეპარტამენტი E-mail: m.jokhadze@tsmu.edu; ³თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, ფარმაკოგნოზიის დეპარტამენტი E-mail: a.bozhadze@tsmu.edu;

აბსტრაქტი

წინამდებარე სტატიის მიზანია საქართველოს მლაშე ტბის, კუმისის, ჰალოფიტური მცენარეების – *Petrosimonia brachiata*, *P. triandra*, *P. glaucescens* და *Gamanthus pilosus* – პოლიფენოლური პროფილისა და ანტიოქსიდანტური აქტივობის შესწავლა მათი სამკურნალო პოტენციალის შეფასებისათვის. მასალა შეგროვდა ქვემო ქართლში, კუმისის ტბის სანაპირო ზოლში მცენარის განვითარების სამ ფენოლოგიურ ფაზაში (ყვავილობამდე, ყვავილობა, ნაყოფიანობა). მიწისზედა ნაწილებიდან მიღებული 70%-იანი ეთანოლური ექსტრაქტები გამოიკვლიეს GC-MS და LC-MS-DAD მეთოდებით; ჯამური ფენოლები განსაზღვრდა Folin-Ciocalteu-ის, ხოლო ჯამური ფლავონოიდები – ალუმინქლორიდის სპექტროფოტომეტრული მეთოდით. ანტიოქსიდანტური აქტივობა შეფასდა DPPH რადიკალების შებოჭვის ტესტით ინჰიბირების პროცენტისა და IC₅₀-ის გამოთვლით.

შედეგებმა აჩვენა, რომ ყველა შესწავლილი სახეობა მდიდარია ტერპენოიდებით, ფიტოსტეროლებითა და პოლიფენოლებით; გამოვლინდა β-სიტოსტეროლი, ფენოლკარბონმჟავები და ქვერცეტილის ნაწარმი ფლავონოიდები. ჯამური ფენოლების შემცველობა მერყეობდა 10–25 მგ GAE/გ მშრალ ნედლეულზე, მაქსიმალური მნიშვნელობა დაფიქსირდა *P. triandra*-ს ყვავილობის ფაზაში. ჯამური ფლავონოიდების შემცველობა შეადგენდა 6.6–18.8 მგ QE/გ-ს და წარმოადგენდა ჯამური ფენოლური ფრაქციის 60–75%-ს, განსაკუთრებით *P. brachiata*-სა და *P. triandra*-ში. DPPH ტესტში ინჰიბირების მაჩვენებელი 45–90%-ის ფარგლებში იცვლებოდა, IC₅₀ – დაახლოებით 30–130 მკგ/მლ; ყველაზე დაბალი IC₅₀ ჰქონდათ *P. brachiata*-სა და *P. triandra*-ს ყვავილობის ფაზის ნიმუშებს, ხოლო *G. pilosus*

გამოირჩეოდა შედარებით სუსტი აქტივობით. დადგენილი იქნა მჭიდრო კავშირი პოლიფენოლების შემცველობასა და ანტიოქსიდანტურ პოტენციალს შორის.

კუმისის ტბის ჰალოფიტური ფლორის წარმომადგენლები ფიტოქიმიურად მდიდარი წყაროა ბუნებრივი ანტიოქსიდანტებისათვის და წარმოადგენს პერსპექტიულ ობიექტს შემდგომი ფარმაცოლოგიური კვლევებისათვის.

საკვანძო სიტყვები: ჰალოფიტები; *Petrosimonia*; *Gamanthus pilosus*; პოლიფენოლები; ფლავონოიდები; ანტიოქსიდანტური აქტივობა; DPPH.

ჰალოფიტები მცენარეებია, რომლებიც შეგუებული არიან ჭარბმარილიან ნიადაგებზე არსებობას. ზრდა-განვითარების პროცესში ჰალოფიტები არა მხოლოდ მარილთა სიჭარბეს, არამედ სხვადასხვა სახის იონებით გამოწვეულ დამლაშებასაც ეგუებიან. ასეთი მცენარეები ნაკლებად კონსერვატიულები არიან, რაც გამოიხატება ექსტრემალურ გარემოში სასიცოცხლო ფუნქციების სწრაფად შეცვლის უნარში (6).

ჰალოფიტები ავლენენ განსხვავებულ მორფოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ ადაპტაციებს მარილიან ეკოსისტემების პირობებისადმი [1]. მათი მრავალფაქტორიანი ადაპტაციური რეაქციები მოიცავს ბიოქიმიური მექანიზმების რთულ ქსელს და მრავალფეროვან ბიოლოგიურად აქტიურ ნაერთებს, როგორიცაა პოლიფენოლები, გლიკოზიდები, პოლისაქარიდები, ლიპიდები და სხვა [2].

ეთნობოტანიკური კვლევების თანახმად ჰალოფიტური სამკურნალო მცენარეები ფართოდ გამოიყენება მრავალი ინფექციური დაავადების სამკურნალოდ [4,5].

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა საქართველოს ფლორის ზოგიერთი ჰალოფიტი მცენარეების ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების შესწავლით გამოგვევლინა ფარმაცოლოგიურად აქტიური პერსპექტიული სახეობები, მათი მედიცინაში გამოყენების თვალსაზრისით.

კვლევის ობიექტად არჩეულ იქნა ჰალოფიტებით ჭარბად დასახლებული ქვემო ქართლში მდებარე კუმისის ტბის ტერიტორიის მცენარეულობა.

კუმისის ტბა მდებარეობს იალლუჯის მაღლობსა და წალასყურის ვაკეს შორის ტაფობში ზღვის დონიდან 475 მ სიმაღლეზე. იგი ერთ-ერთი უნიკალური და მნიშვნელოვანი ჭარბტენიანი ტერიტორიაა. მისი სანაპირო დამლაშებული ნიადაგებით ხასიათდება. ტბის სანაპირო ზოლსა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე გავრცელებულია ოჯახი ნაცარქათამასებრთა (*Chenopodiaceae*) სახეობები. აღნიშნულ ოჯახში შემავალი მცენარეები მორფოლოგიურად მრავალფეროვანია, მათი სასიცოცხლო ფორმები მეტად განსხვავებულია. მყარის სისტემატიკური ნიშანია - მათ თესლებში ჩანასახი ნალისებური თუ სპირალური ფორმისაა.

მეცნიერული მედიცინისათვის ამ ჯგუფის მცენარეებიდან ცნობილია ზოგიერთი წარმომადგენელი როგორიცაა - *Chenopodium ambrosoides*, *Anabasis aphylla* და სხვა.

ჩვენი კვლევის ობიექტებს ამ ოჯახის ის მცენარეები წარმოადგენს, რომლებიც ფიტოქიმიურად ნაკლებად ან საერთოდ არ არის შესწავლილი.

კვლევის ობიექტები - საქართველოში გავრცელებული გვარ *Petrosimonia* -ს სამივე სახეობა – *P. brachiata* (Pall.) Bunge, *P. triandra* (Pall.) Simonk, *P. glaucescens* (Bunge) Iljin და მათთან მორფოლოგიურად ყველაზე ახლო მდგომი *Gamanthus pilosus* (Pall.) Bunge.

Petrosimonia brachiata (Pall.) Bunge ერთწლიანი 40 სმ-მდე, სწორმდგომი, ძირიდან დატოტვილი ბალახოვანი მცენარეა. დაფარულია მიტკეცილი ბეწვით. შემდგომში მცენარე თითქმის შიშველია. ხაზოვანი, ნახევრად ცილინდრული ფოთლები განლაგებულია ერთმანეთის მოპირისპირედ. ძირში ოდნავ გაფართოებული. ყვავილები ორსქესიანია, ყვავილსაფრის ფოთლები 5, მტვრიანა 5 თითო-თითო, მჯდომარე, ილლიური, ორ ნავისებრ თანაყვავილაკში ჩამალული. ყვავილობს ივნის-ოქტომბერი.

იზრდება მლაშობ და რუდერალურ ადგილებზე მთის ქვედა სარტყელში, ხასიათდება ფართო გავრცელებით (7).

Petrosimonia triandra (Pall.) Simonk. ერთწლოვანი ბალახოვანი მცენარეა. ღერო 35 სმ-მდე სიმაღლისაა, სწორმდგომი, ძირიდან დატოტვილი. მცენარე მონაცრისფრო-მოყვითალო ფერისაა, მეტნაკლებად მიტკეცილი ბეწვით დაფარული. ფოთლები ვიწრო-ხაზოვანი, ნახევრად ცილინდრული, ხორცოვანი, მჯდომარე, შებუსვის გამო მონაცრისფრო. ყვავილები თავთავისებრია, შორი-შორსაა განლაგებული. ყვავილსაფრის ფოთლები 3, მტვრიანა 3. ყვავილობს აგვისტო - ოქტომბერში.

იზრდება დამლაშებულ ადგილებზე შეზღუდული არეალით (7).

Petrosimonia glaucescens (Bunge) Iljin ერთწლოვანი ბალახოვანი მცენარეა. ღერო 30სმ-მდე სიმაღლისაა, წამოწეული ტოტებით. მცენარე მეტნაკლებად მიტკეცილი ბეწვით დაფარული. ყვავილები შეკრებილია კუმს თავთავისებრ ყვავილედში. ყვავილსაფრის ფოთლები 2, მტვრიანა 5. ყვავილობს ივნისი - სექტემბერი.

იზრდება მლაშობ ადგილებზე დაბლობებში, ხასიათდება ვიწრო არეალით (7).

Gamanthus pilosus (Pall.) Bunge ბალახოვანი მცენარეა. ღერო 50 სმ-მდე სიმაღლისაა, ზედა ტოტები მორიგეობითაა, ქვედა მოპირისპირე. მფარავი ფოთლების ილლიაში განლაგებული 2 თანაყვავილაკი ნაყოფობის დროს მაგრდება, ნაყოფებზეა მიზრდილი და მათთან ერთად ცვივა. მტვრიანა 5. ყვავილობს მაისი - აგვისტო

იზრდება მლაშობ ადგილებზე დაბლობებში, ხასიათდება ფართო გავრცელებით.

კვლევისათვის მასალა გროვდებოდა მცენარის განვითარების სხვადასხვა ფენოლოგიურ ფაზაში – ყვავილობამდე, ყვავილობისა და ნაყოფმსხმოიარობის პერიოდში (7).

კვლევის მეთოდები:

კვლევის მიზნიდან გამომდინარე ჩატარებული კვლევებით შეფასდა საქართველოში გვარი *Petrosimonia* -ს სახეობების და *Gamanthus pilosus* (Pall.) Bunge მიწისზედა ნაწილებში ფენოლოგიური შენაერთების შემადგენლობა, მათი ჯამური შემცველობა და ნედლეულიდან მომზადებული ექსტრაქტების ანტიოქსიდანტური პოტენციალი.

ანალიზისთვის ექსტრაქტები მომზადდა 70% ეთილის სპირტის გამოყენებით. დომინანტი კომპონენტის რაოდენობრივი შემცველობის და ტერპენული ბუნების ნაერთების თვისობრივი ანალიზი შესრულდა გაზური ქრომატოგრაფია (Agilent technologies 7890B მასსპექტრომეტრით (Agilent Technologies 5977A MSD) სკანირების რეჟიმით (70 eV). ხოლო პოლიფენოლური ნაერთების თვისობრივი ანალიზი მაღალექვეტური სითხური ქრომატოგრაფია მასსპექტრომეტრით და დიოდური დეტექტორით LC-MS-DAD. ექსტრაქტებში ჯამური ფენოლური შემცველობა განისაზღვრა Folin-Ciocalteu კოლორიმეტრული მეთოდით. ჯამური ფენოლური შენაერთების შემცველობა გამოთვლილი იყო გალის მჟავაზე გადაანგარიშებით (მგ/გმე) გრამ მშრალ ნედლეულზე. ანტიოქსიდანტური აქტივობა განისაზღვრა სპექტროფოტომეტრული მეთოდით DPPH (2,2-დიფენილ-1-პიკრილჰიდრაზილი) რეაქტივით. საკონტროლოდ გამოყენებული იყო ტროლოქსის სტანდარტული ნიმუშის ხსნარი.

კვლევის შედეგები:

კვლევამ აჩვენა, რომ ყველა გამოკვლეული ჰალოფიტი მცენარის (*P. brachiata*, *P. triandra*, *P. glaucescens* და *Gamanthus pilosus*) ექსტრაქტებში დომინირებს სხვადასხვა კლასის ბიოაქტიური ნაერთები. ძირითადი ნაერთები ეკუთვნის ტერპენოიდების, ფიტოსტეროლების და პოლიფენოლების ჯგუფებს. GC-MS ქრომატოგრამებზე გამოვლინდა მრავალი ტერპენოიდი (მათ შორის მონო- და სესკვისტერპენები) და სტეროიდული ალკანოლები, რომელთაგან აღსანიშნავია β -სიტოსტეროლი – ფიტოსტეროლი, რომელიც ყველა *Petrosimonia*-ის ნიმუშში მნიშვნელოვანი რაოდენობით დაფიქსირდა [5]. პოლარული ფრაქციების LC-MS-DAD ანალიზმა ასევე გამოავლინა პოლიფენოლური ნაერთები – ფლავონოიდების აგლიკონები, მათი გლიკოზიდები და ფენოლკარბონმჟავები. განსაკუთრებით გამოვლინდა ქარვის, გალის და ქლოროგენის მჟავების კვალი. ორივე გვარის სახეობებში იდენტიფიცირებულია ქვერცეტილის გლიკოზიდები [2], რაც ადასტურებს ფლავონოიდური ნაერთების არსებობას ჩვენი ნიმუშების შემადგენლობაში. ფენოლოგიურ ფაზებს შორის ქიმიური პროფილის შედარებამ აჩვენა, რომ ყვავილობის პერიოდში ტერპენოიდების კონცენტრაცია მაქსიმალური იყო, რაც შეიძლება დაკავშირებული იყოს ამ ფაზაში არომატულ ნაერთების გაზრდილ სინთეზთან. ნაყოფიანობის ეტაპზე მცენარეებში მოიმატა ფიტოსტეროლების შემცველობაც – მაგალითად, ქრომატოგრამებზე β -სიტოსტეროლის სიგნალი განსაკუთრებით მაღალი იყო ნაყოფიანობის მცენარეების ექსტრაქტებში, რაც თვალსაჩინოა თესლებში სტეროლების დაგროვებით. პოლიფენოლური ნაერთების რაოდენობა მცირედ იცვლებოდა ფაზებს შორის, თუმცა ზოგადად ყვავილობისას მათში დაფიქსირდა უმეტესი მატება, შემდეგ კი ნაყოფის განვითარებისას ოდნავ შემცირდა.

ჯამური ფენოლების შემცველობა

Folin–Ciocalteu-ის მეთოდით განისაზღვრა ჯამური ფენოლების შემცველობა თითოეულ ნიმუშში და შედეგები გამოიხატა გალის მჟავის ექვივალენტებში (GAE, მგ/გ მშრალ მასაზე). მიღებულმა მაჩვენებლებმა გამოავლინა სახეობათა შორის მკვეთრი განსხვავებები (ცხრილი 1). კერძოდ, *Petrosimonia*-ის გვარის წარმომადგენლებს მაღალი ჯამური ფენოლების შემცველობა ჰქონდათ *Gamanthus pilosus*-თან შედარებით. *P. triandra*-ს ფოთლების ექსტრაქტი ყვავილობის ფაზაში გამოირჩეოდა უმაღლესი ჯამური ფენოლების შემცველობა მნიშვნელობით (≈ 25 მგ GAE/გ მშრალი მასა), რაც მნიშვნელოვნად აღემატებოდა ყვავილობამდე ფაზის მნიშვნელობას (≈ 18 მგ GAE/გ) ($p < 0.05$). ანალოგიურად, *P. brachiata* და *P. glaucescens* სახეობებმა ყვავილობის პერიოდში მიაღწიეს ფენოლური შენაერთების მაქსიმალურ კონცენტრაციებს (შესაბამისად დაახლოებით 20–22 მგ GAE/გ), ხოლო ნაყოფიანობის ეტაპზე ფენოლური შენაერთების მცირედი კლება შეიმჩნეოდა. *G. pilosus*-ის შემთხვევაში ფენოლების ჯამური შემცველობა შედარებით დაბალი იყო ყველა ფაზაზე (დაახლოებით 10–15 მგ GAE/გ). აღსანიშნავია, რომ მიღებული მნიშვნელობები (დაახლოებით 10–25 მგ GAE/გ) შეესაბამება ლიტერატურაში ჰალოფიტებისთვის მოყვანილ დიაპაზონს [1,3]. მაგალითად, *Petrosimonia brachiata*-ის ექსტრაქტებში სხვა ავტორებმა დააფიქსირეს ფენოლების ჯამური შემცველობა 11.14-დან 24.22 მგ GAE/გ დიაპაზონში [1,3], ხოლო ზოგ სხვა *Petrosimonia*-ს სახეობაში მიღებულია კიდევ უფრო მაღალი მნიშვნელობები (≈ 44 მგ GAE/გ) [5]. ეს მიუთითებს, რომ ჩვენი ნიმუშების პოლიფენოლური შემცველობა რაოდენობრივად მსგავსია სხვა რეგიონების ანალოგიური ჰალოფიტი მცენარეებისა.

ცხრილი 1. ჯამური ფენოლური ნაერთების შემცველობა (mg GAE/გ მშრალი ნედლეული, საშუალო $\pm$ SD, $n = 3$) *Petrosimonia*-ს და *Gamanthus*-ის სახეობებში ფენოლოგიური ფაზების მიხედვით.

სახეობა	ყვავილობამდე (mg GAE/g)	ყვავილობა (mg GAE/g)	ნაყოფიანობა (mg GAE/g)
<i>Petrosimonia brachiata</i>	17.0 $\pm$ 0.5	22.0 $\pm$ 0.7	19.0 $\pm$ 0.6
<i>Petrosimonia triandra</i>	18.0 $\pm$ 0.5	25.0 $\pm$ 0.8	22.0 $\pm$ 0.7
<i>Petrosimonia glaucescens</i>	16.0 $\pm$ 0.5	21.0 $\pm$ 0.6	18.0 $\pm$ 0.5
<i>Gamanthus pilosus</i>	11.0 $\pm$ 0.3	14.0 $\pm$ 0.4	13.0 $\pm$ 0.4

ფლავონოიდების შემცველობა

ფლავონოიდების შემცველობა შეფასდა LC–MS–DAD ანალიზით მიღებული ქრომატოგრამების და სპექტრების ფიტოქიმიური პროფილის მიხედვით. ექსტრაქტების სპექტრალური სურათი მიუთითებს ფლავონოიდური აგლიკონებისა და მათ გლიკოზიდურ შემადგენლობაზე, კერძოდ ქვერცეტინისა და იზორამნეტინის ნაწარმებთან [1,2,5]. *Petrosimonia*-ს გვარის წარმომადგენლებში ფლავონოიდური ნაერთების შემცველობა დამახასიათებელია როგორც ფოთლების, ასევე ღეროს ექსტრაქტებში, რაც შეესაბამება ამ გვარის სხვა სახეობების (მაგ., *P. nigdeensis*, *P. sibirica*) შესახებ ლიტერატურაში მოყვანილ მონაცემებს [1,2].

ფენოლოგიურ ფაზებს შორის შედარებამ აჩვენა, რომ ყვავილობამდე ფაზაში ფლავონოიდების ჯამური შემცველობა შედარებით დაბალია და თანმიმდევრულად იზრდება ყვავილობის პერიოდში, როცა მცენარეები განიცდიან მზის ინტენსიური დასხივების და სხვა სტრესის ფაქტორების ზემოქმედებას. ნაყოფიანობის ფაზაში ზოგიერთი სახეობისათვის ფლავონოიდების დონე სტაბილიზდება ან უმნიშვნელოდ მცირდება, თუმცა მაინც რჩება მაღალი. მიღებული შედეგებია სრულ თანხვედრობაშია ჰალოფიტურ მცენარეებზე ჩატარებული სხვა კვლევების შედეგებთან, სადაც ფლავონოიდური შენაერთები განიხილება როგორც ძირითადი ანტიოქსიდანტური კომპონენტები, რომლებიც იცავენ მცენარეს მარილიანობისა და ოქსიდაციური სტრესის პირობებში [3–5].

Petrosimonia brachiata და *P. triandra* განსაკუთრებით გამოირჩევიან ფლავონოიდების მაღალი კონცენტრაციით, რაც შეინიშნება როგორც LC–MS–DAD პროფილში, ასევე ჯამური პოლიფენოლების და ანტიოქსიდანტური აქტივობის მაჩვენებლებში. მათი ექსტრაქტების ბიოლოგიური პოტენციალი შეესაბამება სხვა კარგად შესწავლილი ჰალოფიტების, როგორიცაა *Limbarda crithmoides*, ფლავონოიდურ პროფილს [3]. მიღებული მონაცემები მიუთითებს, რომ ფლავონოიდების მაღალი შედგენილობა მნიშვნელოვანწილად განაპირობებს როგორც DPPH ტესტით დადასტურებულ რადიკალების შემზოჭავ აქტივობას, ასევე ზოგად ანტიოქსიდანტურ პოტენციალს, რის გამოც შესწავლილი სახეობები შეიძლება ჩაითვალოს პერსპექტიულ ბუნებრივ ანტიოქსიდანტურ წყაროდ [1–4].

ფლავონოიდების ჯამური შემცველობა განსაზღვრული იყო ალუმინქლორიდის სპექტროფოტომეტრიული მეთოდით და გამოხატულია ქვერცეტინის ექვივალენტში (მგ QE/გ მშრალი ნედლეული). მიღებული მაჩვენებლები მერყეობდა დაახლოებით 6.6–18.8 მგ QE/გ დიაპაზონში, სახეობისა და ფენოლოგიური ფაზის შესაბამისად (ცხრილი 3). ფლავონოიდური შენაერთების მაქსიმალური შემცველობა დაფიქსირდა *P. triandra*-ს ფოთლის ექსტრაქტში ყვავილობის ფაზაში (≈ 18.8 მგ QE/გ), ოდნავ დაბალი იყო მათი შემცველობა *P. brachiata*-ში (≈ 15.4 მგ QE/გ) და *P. glaucescens*-ში (≈ 13.7 მგ QE/გ). *Gamanthus pilosus*-ის ექსტრაქტებში ფლავონოიდების შემცველობა იყო შედარებით დაბალი (≈ 6.6 – 8.4 მგ QE/გ), თუმცა

მაინც წარმოადგენდა ჯამური პოლიფენოლური ფრაქციის მნიშვნელოვან ნაწილს. ყვავილობამდე ფაზაში ყველა სახეობისთვის დაფიქსირდა შედარებით დაბალი მნიშვნელობები, ყვავილობისას – მაქსიმუმი, ხოლო ნაყოფიანობის ეტაპზე ოდნავ შემცირება, რაც მიუთითებს ფლავონოიდების შედარებით სტაბილურ დაგროვებაზე მცენარის განვითარების გვიან სტადიებზე. საერთო ჯამში, ფლავონოიდური ნაერთები ჯამური ფენოლების შემცველობის დაახლოებით 60–75%-ს შეადგენდა, რაც ხაზს უსვამს მათ წამყვან როლს ჰალოფიტური ექსტრაქტების ანტიოქსიდანტურ პოტენციალში.

ცხრილი 2. ჯამური ფლავონოიდების შემცველობა (მგ QE/გ მშრალი ნედლეული, საშუალო $\pm$ SD, n = 3) *Petrosimonia*-ს და *Gamanthus*-ის სახეობებში ფენოლოგიური ფაზების მიხედვით.

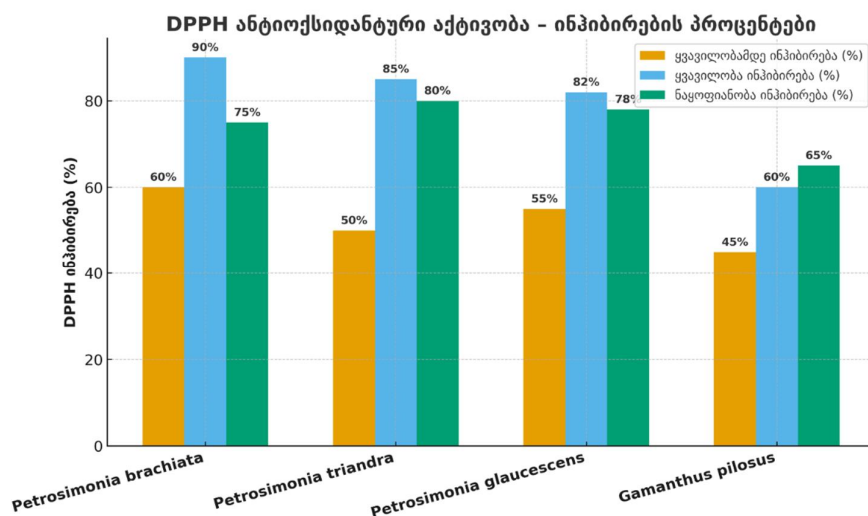
სახეობა	ყვავილობამდე (mg QE/g)	ყვავილობა (mg QE/g)	ნაყოფიანობა (mg QE/g)
<i>Petrosimonia brachiata</i>	10.2 $\pm$ 0.5	15.4 $\pm$ 0.7	12.4 $\pm$ 0.6
<i>Petrosimonia triandra</i>	11.7 $\pm$ 0.5	18.8 $\pm$ 0.7	15.4 $\pm$ 0.6
<i>Petrosimonia glaucescens</i>	9.6 $\pm$ 0.5	13.7 $\pm$ 0.7	10.8 $\pm$ 0.6
<i>Gamanthus pilosus</i>	6.6 $\pm$ 0.4	8.4 $\pm$ 0.5	7.8 $\pm$ 0.5

ანტიოქსიდანტური აქტივობა (DPPH ტესტი)

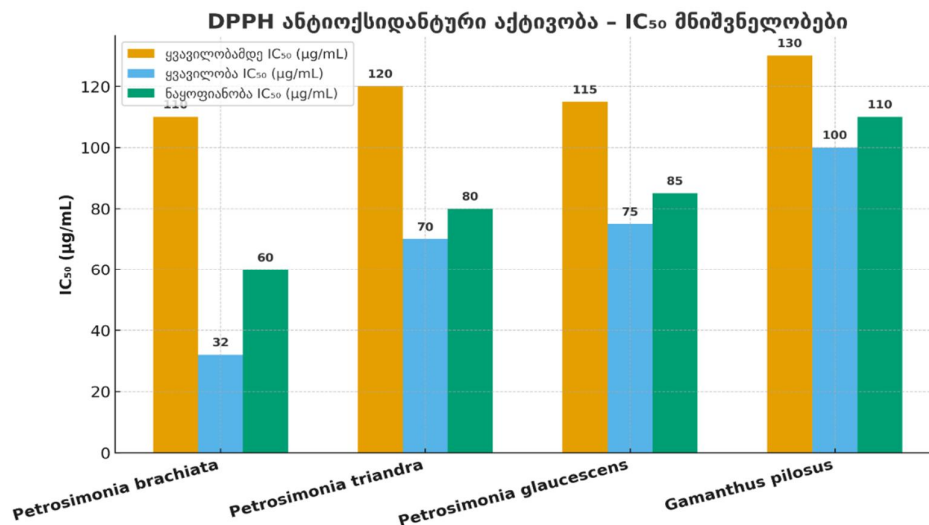
DPPH რადიკალების შებოჭვის ტესტში ყველა ნიმუშმა გამოავლინა ანტიოქსიდანტური აქტივობა, რომელიც განსხვავდებოდა სახეობისა და ფენოლოგიური ფაზის შესაბამისად. შედეგები გამოსახულ იქნა პროცენტული მაჩვენებლებში განსაზღვრულ კონცენტრაციაზე, აგრეთვე გამოითვალა IC50 (რადიკალების 50%-ით ინჰიბირების კონცენტრაცია). მონაცემებმა ცხადყო, რომ მაქსიმალური ანტიოქსიდანტური აქტივობა ახასიათებდა იმ ნიმუშებს, რომელთაც მაღალი ჰქონდათ ფენოლების ჯამური შემცველობა. მაგალითად, *P. brachiata*-ის ყვავილობის ფაზის ნიმუშმა 90%-ით გაანეიტრალა DPPH რადიკალები, ხოლო *G. pilosus*-ის ყვავილობამდე ნიმუშის აქტივობამ შეადგინა მხოლოდ 45%, ხოლო ნაყოფიანობის ფაზაში - 65%. ყველაზე დაბალი IC50 დაფიქსირებულ იქნა *P. brachiata*-ის ყვავილობის ფაზის მცენარის ექსტრაქტისთვის 32 მკგ/მლ, რაც მიუთითებს მაღალ ანტიოქსიდანტურ უნარზე, მაშინ როცა *G. pilosus*-ის ანალოგიური მაჩვენებელი ბევრად დიდი იყო - IC50 $\approx$ 100 მკგ/მლ, რაც შეესაბამება უფრო სუსტ აქტივობას. სამი *Petrosimonia*-ს სახეობას შორის მცირედ იცვლებოდა ანტიოქსიდანტური პოტენციალი: საერთო ჯამში *P. triandra* და *P. brachiata*-ს ნიმუშები მცირედ მეტი აქტივობა გამოამჟღავნეს ვიდრე *P. glaucescens* ექსტრაქტმა,

თუმცა სამივე მნიშვნელოვნად აჭარბებდა *Gamanthus pilosus* აქტივობას. ფენოლოგიურმა ფაზამ საგრძნობი გავლენა მოახდინა DPPH ტესტის შედეგებზე: ხშირად ყვავილობის ფაზის ექსტრაქტები აჩვენებდნენ მაღალ %-ულ რადიკალების განეიტრალებას და ნაკლებ IC50-ს, ვიდრე ვეგეტაციური (ყვავილობამდე) ფაზის ნიმუშები. მაგალითად, *P. triandra*-ს შემთხვევაში ყვავილობამდე ფაზიდან ყვავილობის ფაზაზე გადასვლისას IC50 120-დან 70 მკგ/მლ-მდე შემცირდა, რაც მიუთითებს ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ზრდაზე ყვავილობისას, ხოლო ნაყოფიანობის შემდეგ ოდნავ გაიზარდა (80 მკგ/მლ-მდე). აღნიშნული ტენდენცია შესაბამისობაშია ჯამური ფენოლების დონის ცვლილებებთან თითოეულ ნიმუშში და ლიტერატურის მონაცემებთან, რომლის მიხედვითაც ფენოლოგიური სტადია მნიშვნელოვნად ასახავს როგორც პოლიფენოლური ნაერთების შემადგენლობას, ასევე ანტიოქსიდანტური აქტივობის ცვალებადობას [4]. ჩვენს კვლევაში ასევე დადასტურდა, რომ ექსტრაქტის პოლარობა გავლენას ახდენს DPPH აქტივობაზე: მხოლოდ პოლარულმა/ნაწილობრივ პოლარულმა ექსტრაქტებმა (მაგ., წყლიანმა ან ეთანოლურმა) გამოავლინეს რადიკალების შემზოჭველი ძლიერი ეფექტი, მაშინ როდესაც არაპოლარულმა ფრაქციებმა დაბალი აქტივობა აჩვენეს, რაც იმაზე მიანიშნებს, რომ ანტიოქსიდანტები ძირითადად პოლიფენოლური ბუნებისაა [1,3]. მთლიანობაში, მიღებული მონაცემები აჩვენებს, რომ საქართველოს მლაშე ტბების ჰალოფიტები მდიდარია ბიოაქტიური ფიტოქომიური შემადგენლობით. მათ ექსტრაქტებს გააჩნიათ საშუალოდ ძლიერი ანტიოქსიდანტური აქტივობა, რომელიც კავშირშია პოლიფენოლურ პროფილთან და იცვლება მცენარის განვითარების სტადიის მიხედვით. ეს შედეგები თანხვედრაშია ლიტერატურის მონაცემებთან და მიუთითებს, რომ შესწავლილი სახეობები პერსპექტიული წყაროა ბუნებრივი ანტიოქსიდანტებისა და სხვა ბიოაქტიური ნაერთებისთვის [5].

სურათი 1. ანტიოქსიდანტური აქტივობა DPPH ტესტით (ინჰიბირების %; საშუალო $\pm$ SD, n = 3) *Petrosimonia*-ს და *Gamanthus*-ის მეთანოლიან ექსტრაქტებში ფენოლოგიური ფაზების მიხედვით.



სურათი 2. ანტიოქსიდანტური აქტივობა DPPH ტესტით (IC_{50} მკგ/მლ; საშუალო $\pm$ SD, $n = 3$) *Petrosimonia*-ს და *Gamanthus*-ის მეთანოლიან ექსტრაქტებში ფენოლოგიური ფაზების მიხედვით.



დასკვნა:

კვლევამ აჩვენა, რომ *Petrosimonia brachiata*, *P. triandra*, *P. glaucescens* და *Gamanthus pilosus* ფიტოქიმიურად მდიდარი ჰალოფიტური სახეობებია, რომელთა ექსტრაქტებში იდენტიფიცირდა ტერპენოიდები, ფიტოსტეროლები, პოლიფენოლები და ფლავონოიდები. Folin–Ciocalteu და სპექტროფოტომეტრული მეთოდებით დადგენილია ჯამური ფენოლებისა და ფლავონოიდების შემცველობა, ასევე DPPH ტესტით დადასტურებული მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობა, განსაკუთრებით *P. brachiata*-სა და *P. triandra*-ში, მიუთითებს, რომ ეს სახეობები წარმოადგენს პერსპექტიულ ბუნებრივ წყაროს ანტიოქსიდანტური და სხვა ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებისთვის.

ამავე დროს, მიღებული შედეგები წარმოადგენს საწყის ეტაპს და საჭიროებს შემდგომ გაფართოებას: ინდივიდუალური ნაერთების იზოლაციასა და სტრუქტურულ იდენტიფიკაციას, მათი გაფართოებულ ბიოლოგიური აქტივობის შესწავლას. ამგვარი ინტეგრირებული მიდგომა საშუალებას მისცემს როგორც ფუნდამენტურ მეცნიერებას, ისე გამოყენებით დარგებს ეფექტიანად გამოიყენონ საქართველოს მლაშე ტბების ჰალოფიტური ფლორის უნიკალური ფიტოქიმიური რესურსი.

ლიტერატურა

1. M. A. De Gregorio, L. Zhang, F. M. Mahomoodally, L. Lucini. Metabolomic profiles and biopharmaceutical properties of *Petrosimonia brachiata* and *P. nigdeensis* from Turkey. *Plants*, 13, 2073 (2024).
2. D. S. Nurpeisova, M. Toktarbek, G. A. Seitimova, B. K. Yeskaliyeva, G. S. Burasheva, M. I. Choudhary. Phytochemical analysis of *Petrosimonia sibirica* grown in Kazakhstan. *International Journal of Biology and Chemistry*, 11(2), 129–134 (2018).
3. P. Brzović, et al. Phenolic Antioxidants in the Adriatic Halophyte *Limbarda crithmoides*. *Foods*, 14, 3718 (2025).
4. A. Souid, et al. Antioxidant and nutraceutical potential of halophyte extracts. *Frontiers in Nutrition*, 8, 2021.
5. Z. Y. Ma, W. Sun, X. Zhang, H. B. Yang, W. F. Sun. Phenolic compounds and antioxidant activity of halophytic plants from Central Asia. *Chem. Nat. Compd.*, 51, 530–536 (2015).
6. ბადეიძე გ., ჭანიშვილი შ., ჩხუბიანაშვილი ე. და სხვ. აღმოსავლეთ საქართველოს ჰალოფიტური მცენარეები. თბილისი, 2019, გვ.9
7. საქართველოს ფლორა III. გამოცემა მეორე, თბილისი, მეცნიერება. 1975. გვ. 225-226

Pharmaco-botanical study of some halophytic plants of Georgia

Tsiala Ghviniasvili¹, Tamar Zangurashvili¹, Liana Jinjolia¹, Malkhaz Jokhadze², Dali Berashvili², Sophio Gokadze², Ana Bozhadze³, Lali Zardiashvili²

¹Ilia State University, Niko Ketskhoveli Institute of Botany; ²Tbilisi State Medical University, Department of Pharmaceutical Botany; ³Tbilisi State Medical University, Department of Pharmacognosy

Salinization threatens a growing proportion of arable land worldwide, making halophytic plants valuable sources of stress-adapted bioactive metabolites. The aim of this study was to investigate the polyphenolic profile and antioxidant activity of halophytic species from Lake Kumisi in Eastern Georgia – *Petrosimonia brachiata*, *P. triandra*, *P. glaucescens* and *Gamanthus pilosus* – in order to evaluate their pharmacological potential. Aerial parts were collected from the saline shores of Lake Kumisi in three phenological stages (pre-flowering, flowering and fruiting). Seventy percent ethanol extracts were prepared and analysed by GC–MS and LC–MS-DAD. Total phenolic content was determined using the Folin–Ciocalteu method and expressed as gallic acid equivalents (mg GAE/g DW), while total flavonoids were evaluated spectrophotometrically with the aluminium chloride method

and expressed as quercetin equivalents (mg QE/g DW). Antioxidant activity was assessed by the DPPH radical scavenging assay, calculating inhibition percentages and IC₅₀ values.

The chromatographic profiles revealed a rich composition of terpenoids, phytosterols and polyphenols, including β -sitosterol, phenolic acids and quercetin-type flavonoids. Total phenolic content ranged from approximately 10 to 25 mg GAE/g, with the highest value in flowering *P. triandra*. Total flavonoid content varied between 6.6 and 18.8 mg QE/g and accounted for about 60–75% of total phenolics, particularly in *P. brachiata* and *P. triandra*. In the DPPH assay, radical scavenging activity reached 45–90%, whereas IC₅₀ values ranged from 30 to 130 μ g/mL. The lowest IC₅₀ values, indicating the strongest antioxidant activity, were recorded for flowering samples of *P. brachiata* and *P. triandra*, while *G. pilosus* showed comparatively weaker effects. A clear positive correlation was observed between total polyphenolic content and DPPH scavenging capacity.

These findings demonstrate that halophytic species inhabiting the saline ecosystems of Lake Kumisi are phytochemically rich sources of natural antioxidants and represent promising candidates for further phytochemical isolation, pharmacological evaluation and potential application in medicinal and nutraceutical preparations.

Keywords: halophytes; *Petrosimonia*; *Gamanthus pilosus*; polyphenols; flavonoids; antioxidant activity; DPPH.