

II გლობალური სიმპოზიუმი
ქიმიის, ბიოქიმიისა
და ჯანმრთელობის
მეცნიერებების საკითხებზე

GSCBH 2026

II GLOBAL SYMPOSIUM
on Chemistry, Biochemistry
and Health Sciences

2026

COLLECTED PAPERS
July 23-24
Tbilisi, Georgia

შრომების კრებული
23-24 ივლისი
თბილისი, საქართველო

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული და
მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტი, საქართველო



მთავარი ჩვენებები

მარინა შავლაყაძე – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი, ასისტ. პროფესორი საქართველოს უნივერსიტეტის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის მეცნიერ თანამშრომელი. დამფუძნებელი და დირექტორი ორგანიზაცია „ქიმია და ადამიანის ჯანმრთელობა“

თაიშუაზ ჟიჟილი – ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი. კვლევის სფეროები: ფორმული არაორგანული მასალები, ბიომასალები, მინისა და კერამიკის ინჟინერია

მადონა სამხარაძე – ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი, ქუთაისის აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ალიოზა ბაკურიძე – ფარმაცევტულ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ფარმაცევტული ტექნოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, საქართველოს ფარმაცევტა ასოციაციის პრეზიდენტი

ნათია ოჩხიკიძე – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი, ასისტენტ პროფესორი საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში; ლექტორი და მკვლევარი საქართველოს აგრარულ უნივერსიტეტში. პოსტდოქტორი – აიოვას სახელმწიფო უნივერსიტეტი (აშშ)

ნინო ზავრდაშვილი – ქიმიის აკადემიური დოქტორი, ქიმიისა და მოლეკულური ინჟინერიის ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი, საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის სტიპენდიანტი

იმადა რუაშვილი – ქიმიის დოქტორი, კავკასიის უნივერსიტეტის სრული პროფესორი; უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი თსუ-ს ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტში; ფარმაცევტული ხარისხის და ანალიზური ქიმიის ექსპერტი

ნინო მხეიძე – ქიმიის დოქტორი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული და მეგობრული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის დირექტორი

ნინო კიკნაძე – სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, ანალიზური ქიმიის დოცენტი, ასოცირებული პროფესორი, მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

რაულ გოცირიძე – ქიმიის დოქტორი, მეგობრული ტექნოლოგიების განყოფილების ხელმძღვანელი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ირინა ნაკაშიძე – ბიოლოგიის აკადემიური დოქტორი, ადამიანის პოპულაციების გენეტიკის სპეციალიზით. ირინა ნაკაშიძე 2016–2017 წლებში პოსტდოქტის პოზიციაზე მკვლევრად მუშაობდა იტალიის პერუჯის უნივერსიტეტში. 2018 წლიდან დღემდე აკადემიური თანამდებობა უკავია ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტში (საქართველო)

მარია მებრეველი – ბიოლოგიის აკადემიური დოქტორი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიტოპათოლოგიისა და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტის დირექტორი

იზოლდა მაჭუტაძე – ჭარბტენიანი ეკოსისტემების სპეციალისტი, კონსერვაციის ბიოლოგი და მკვლევარი, UNESCO-ს ეროვნული კონსულტანტი Kolkheti Lowland-ის ჭარბტენიანი ეკოსისტემების მიმართულებით. მისი კვლევები მოიცავს ტორფნარებს, ბიომრავალფეროვნების დაცვასა და ეკოლოგიურ აღდგენას, განსაკუთრებით paludiculture-ის განვითარებასთან დაკავშირებით

ლალი ყრუაშვილი – აკადემიური დოქტორი ბიოლოგიაში, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი ივანე ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრში, ქცევისა და კოგნიტურ ფუნქციათა ლაბორატორია

თამარიკო სუპატაშვილი – ქიმიკოსი, აკად. დოქტორი, საქართველოს უნივერსიტეტის ასოცირებული პროფესორი, სტუ-ის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის უფროსი მკვლევარი

გიორგი ნატროშვილი – აკად. დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი და მკვლევარი საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში; სპეციალიზაცია – წყლის რესურსები, ბიომეურნეობა და ეკოლოგიური აგროტექნოლოგიები

მარინა თაღიაშვილი – ბიოლოგიურ მეცნიერებათა დოქტორი, საქართველოს უნივერსიტეტის მიკრობიოლოგიის პროფესორი და ბიოლოგიის მიმართულების ხელმძღვანელი; გ. ელიავას ინსტიტუტის მიკრობიოტა ეკოლოგიის ლაბორატორიის ხელმძღვანელი

კახაბერ ჯაყელი – ეკონომიკის დოქტორი, ასოც. პროფესორი, საქართველოს უნივერსიტეტის მედიცინის დეპარტამენტი, ჯანმრთელობის მეცნიერებების სკოლა. საზოგადოებრივი ჯანდაცვის მარკეტოლოგი

ეკატერინე სანიკიძე – ექიმი ინტერნალისტი, ფთიზიო-პულმონოლოგი, მედ. აკად. დოქტორი, თსსუ,

ასოც. პროფესორი, თბილისის ბალნეოლოგიური კურორტის სამედიცინო ხელმძღვანელი

დავით ზურაბაშვილი – დოქტორი, პროფესორი, ი. ჭავჭავაძის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფსიქიატრიისა და სამედიცინო ფსიქოლოგიის კათედრა

ანა ჩოჩია – ექ. ბავშვთა ნევროლოგი, Ph.D „თბილისის ბალნეოლოგიური კურორტი“, „ფსიქიკური ჯანმრთელობის და ნარკომანიის პრევენციის ცენტრი“ თბილისი, საქართველო

ნანა დვდარიანი – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი, ასოც. პროფესორი ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის ფაკულტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრის ხელმძღვანელი

ნანა ბოკუჩავა – ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის ფაკულტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თაა ზაქალაშვილი – ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის დოქტორი, ასოც. პროფესორი ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის ფაკულტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. სასწავლო სამეცნიერო ცენტრის უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი

თაა გოგიბერიძე – თსუ ქიმიის მაგისტრი. რ.აგლაძის არაორგანული ქიმიისა და ელექტროქიმიის ინსტიტუტის-უფროსი მეცნიერ – თანამშრომელი. ლ. სამხარაულის სახელობის სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიუროს ქიმიური ექსპერტიზის დეპარტამენტის, ნივთიერებათა, მასალათა, ნაკეთობათა და მცენარეთა ექსპერტიზის სამმართველოს ექსპერტი

საერთაშორისო საჩიდაქმნო პოლემია

იოშინორი ოცუკა – მედიცინის დოქტორი (M.D., Ph.D.), ჰოკაიდოს უნივერსიტეტის ემერიტუს-პროფესორი (იაპონია). ბალნეოთერაპიის, დიაბეტოლოგიისა და კამპოს მედიცინის სპეციალისტი

ველინა ტროშიანკო-ვილიკი – Ph.D, ფიზიოთერაპევტი, ტ. მარჩინიაკის საავადმყოფო, ვროცლავი (პოლონეთი). საშინაო რეაბილიტაციის სპეციალისტი

აჟი ვეპარი – პროფესორი, მეცნიერებათა დოქტორი, ვროცლავის გარემოსა და სიცოცხლის მეცნიერებათა უნივერსიტეტი, ნიადაგმცოდნეობის, მცენარეთა კვებისა და გარემოს დაცვის ინსტიტუტი (პოლონეთი)

ირინა ჩველიაშ-პიასეცა – ქიმიის დოქტორი (PhD), ჰაბილიტირებული დოქტორი სოფლის მეურნეობისა და მებაღეობის მიმართულებით, ასოცირებული პროფესორი, ვროცლავის გარემოსა და სიცოცხლის მეცნიერებათა უნივერსიტეტი (პოლონეთი)

პრესლავ კეევი – ასოცირებული პროფესორი, დოქტორი, საზღვაო გეოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, ბულგარეთის მეცნიერებათა აკადემიის ოკეანოლოგიის ინსტიტუტი (IO-BAS, ბულგარეთი). 30-ზე მეტი სამეცნიერო პუბლიკაციის ავტორი. სპეციალიზაცია: საზღვაო გეოლოგია, სანაპირო ზონების კვლევა და ინტერდისციპლინური ექსპედიციები

პრასიმირა სლავოვა – დოქტორი, უფროსი ასისტენტი, ბულგარეთის მეცნიერებათა აკადემიის ოკეანოლოგიის ინსტიტუტი (IO-BAS, ბულგარეთი). სა-

ზღვაო ნალექების სპეციალისტი, ევროკავშირის H2020 პროექტების მონაწილე. კვლევის სფეროები: ნალექების ანალიზი, დაბინძურებისა და კლიმატის რეკონსტრუქცია

სვეტლანა სოლოდიანკინა – დოქტორი, მკვლევარი, ბულგარეთის მეცნიერებათა აკადემიის ოკეანოლოგიის ინსტიტუტი (IO-BAS, ბულგარეთი). კვლევის მიმართულებები: სანაპირო ლანდშაფტები და მონაწილეობითი კარტოგრაფირება. საქმიანობა: ეკოსისტემური სერვისები და დაინტერესებული მხარეების ინტეგრაცია

ლილია კანაიოტოვა – მედიცინის დოქტორი (M.D., Ph.D.), რეაბილიტაციური მედიცინისა და ბალნეოლოგიის სპეციალისტი, ვარნის სამედიცინო უნივერსიტეტი (MU-Varna, ბულგარეთი). ევროკავშირის პროექტების მონაწილე, თერაპიული მეთოდების კლინიკური ვალიდაციის სპეციალისტი

თოდორკა კოსტადინოვა – პროფესორი, Ph.D, აკრედიტაციისა და პროექტების დირექტორი, ვარნის სამედიცინო უნივერსიტეტი (MU-Varna, ბულგარეთი). სპეციალიზაცია: ხარისხის მართვა და ევროკავშირის პროექტების ადმინისტრირება

ალექსანდერ პლაკიდა – პროფესორი, მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი (უკრაინა). რეაბილიტაციის მიმართულების მთავარი მეცნიერ-თანამშრომელი. სპეციალიზაცია: ფიზიოთერაპია, ბალნეოლოგია და სამკურნალო რეაბილიტაცია. წვლილი: ბალნეოლოგიური თერაპიების კლინიკური ვალიდაცია და მათი ინტეგრაცია ჯანდაცვის სისტემაში

სარგაი გუშია – მედიცინის დოქტორი (PhD), ექსპერიმენტული ბალნეოლოგიისა და პათოფიზიოლოგიის სპეციალისტი (უკრაინა). საქმიანობა: ბიომედიცინური ვალიდაცია

კრისტინა კოვზა – საჯარო მმართველობის დოქტორი (PhD), ხარისხის კონტროლის ცენტრის ხელმძღვანელი (უკრაინა). სპეციალიზაცია: სტანდარტები, ხარისხის უზრუნველყოფა და კონტროლი (QA/QC) ბალნეოლოგიური რესურსებისთვის

ირფან უისალი – დოქტორი, საზღვაო მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ჩანაქალეს ონსეკიზ მარტის უნივერსიტეტი (თურქეთი). სპეციალისტი საზღვაო ბიომრავალფეროვნების, კლიმატის ცვლილებისა და სანაპირო ეკოსისტემების მდგრადობის მიმართულებით. მონაწილეობდა ევროკავშირის არაერთ შავი ზღვისა და Blue Growth-ის ინიციატივაში, რომელიც მიზნად ისახავს საზღვაო რესურსების მდგრად გამოყენებას

ნათასა ვაიდიანუ – ასოცირებული პროფესორი, საბუნებისმეტყველო და სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ოვიდიუსის უნივერსიტეტი, კონსტანცა; მკვლევარი ბუქარესტის უნივერსიტეტში (რუმინეთი). სპეციალიზაცია: საზღვაო სივრცითი დაგეგმვა (MSP), სანაპირო ზონების მართვა, ლურჯი ეკონომიკა და საზღვაო მმართველობა. აქტიურად მონაწილეობს ევროკავშირის Blue Economy-ისა და Blue Justice-ის პოლიტიკურ პროექტებში

მოჰამედ ჰავაში – PhD, ფარმაცევტული ქიმიის ასოცირებული პროფესორი და ფარმაცევტული ქიმიისა და ტექნოლოგიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, ან-ნაჯაჰის ეროვნული უნივერსიტეტი (პალესტინა). მისი კვლევები მოიცავს სამკურნალო ქიმიას, ახალი მედიკამენტების შექმნას, სიმსივნის საწინააღმდეგო პრეპარატებს, ნეიროდეგენერაციულ დაავადებებსა და დიაბეტის თერაპიას

ნიდალ ჰარადატი – ფარმაცევტული ქიმიისა და ტექნოლოგიის დეპარტამენტი, ფარმაციის ფაკულტეტი, ან-ნაჯაჰის ეროვნული უნივერსიტეტი, ნაბლუსი (პალესტინა)

მურად აბუალკასანი – ფარმაცევტული ქიმიისა და ტექნოლოგიის დეპარტამენტი, ფარმაციის ფაკულტეტი, ან-ნაჯაჰის ეროვნული უნივერსიტეტი, ნაბლუსი (პალესტინა)

საბინა ალიევა – წამყვანი მკვლევარი და განათლების სპეციალისტი, აზერბაიჯანის სახელმწიფო ნავთობისა და მრეწველობის უნივერსიტეტი. აქვს 30 წელზე მეტი პროფესიული გამოცდილება უმაღლესი და საერთაშორისო განათლების სფეროში. მისი საქმიანობა მოიცავს განათლების ხარისხის უზრუნვე-

ლყოფას, ინოვაციურ საგანმანათლებლო პრაქტიკასა და საერთაშორისო აკადემიურ თანამშრომლობას

ელზინე ალიევი – 1993 წელს დაამთავრა ბაქოს სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტი. მუშაობდა მკვლევრად აზერბაიჯანის მეცნიერებათა ეროვნულ აკადემიასა და რურის უნივერსიტეტში (ბოხუმი, გერმანია). ეკავა ლაბორატორიის მენეჯერის თანამდებობა SGS Azeri-ში და დირექტორის პოზიცია Intertek Azeri-ში. ამჟამად არის აზერბაიჯანის სახელმწიფო წყლის რესურსების სააგენტოს ცენტრალური ლაბორატორიის დირექტორი. ორი წიგნისა და მრავალი სამეცნიერო სტატიის ავტორია ჰიდროქიმიის, გარემოს მონიტორინგის, წყლის დამაბინძურებლებისა და ტოქსიკური მეტალების მოცილების მიმართულებით

რენა მუსაევა ლატიფ ჟიზი – მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, აზერბაიჯანის რესპუბლიკის ჯანმრთელობის სამინისტროს სამედიცინო რეაბილიტაციის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის „საკურორტო რესურსების კვლევის“ დეპარტამენტის ხელმძღვანელი

მაბანათ თალათ ჟიზი ეფენდიევა – მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი რეაბილიტაციური მედიცინის, სპორტული მედიცინის, სამკურნალო ფიზკულტურის, ბალნეოლოგიისა და ფიზიოთერაპიის სპეციალობით. აზერბაიჯანის რესპუბლიკის პრეზიდენტთან არსებული უმაღლესი საატესტაციო კომისიის წევრი; აზერბაიჯანის სახელმწიფო სტანდარტიზაციის კომიტეტის ბუნებრივი სამკურნალო მინერალური წყლების კომისიის წევრი

გოჰარ პარსადანიანი – მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, სამეცნიერო პერსონალის დაგეგმვისა და მომზადების დეპარტამენტის ხელმძღვანელი, მეცნიერების დეპარტამენტი, და სამეცნიერო საკოორდინაციო საბჭოს სამეცნიერო მდივანი, მხითარ ჰერაცის სახელობის ერევნის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი (სომხეთი). მისი კვლევები მოიცავს მოლეკულურ ეპიდემიოლოგიას, გენეტიკურ ტოქსიკოლოგიას, მიკრობირთვული ტესტის გამოყენებას, კიბოს პრევენციასა და ბიომონიტორინგს. არის საერთაშორისო სამეცნიერო პროექტების კოორდინატორი და 50-ზე მეტი სამეცნიერო პუბლიკაციის ავტორი გარემოს მუტაგენების, ციტოგენეტიკისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის მიმართულებით.

EDITOR-IN-CHIEF

MARINE SHAVLAKHADZE – PhD Assistant Professor, University of Georgia Research Associate, Water Management Institute, Georgian Technical University Founder and Director, Chemistry and Human Health

TEIMURAZ CHEISHVILI – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, Georgian Technical University. Research interests: porous inorganic materials, biomaterials, glass and ceramic engineering

MADONA SAMKHARADZE – Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Akaki Tsereteli State University

ALYOSHA BAKURIDZE – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Head of the Department of Pharmaceutical Technology, Tbilisi State Medical University; President of the Georgian Pharmaceutical Association

NATIA OCHKHIKIDZE – Doctor of Chemical and Biological Engineering, Assistant Professor, Georgian Technical University; Lecturer and Researcher, Agricultural University of Georgia; Postdoctoral Researcher, Iowa State University

NINO ZAVRADASHVILI – Academic Doctor of Chemistry, Senior Research Scientist, Institute of Chemistry and Molecular Engineering; Associate Professor, Agricultural University of Georgia; Fellow of the Georgian National Academy of Sciences

IMEDA RUBASHVILI – Doctor of Chemistry, Full Professor, Caucasus University; Senior Research Scientist, Institute of Physical and Organic Chemistry, Ivane Javakishvili Tbilisi State University; Expert in pharmaceutical quality and analytical chemistry

NINO MKHEIDZE – Doctor of Chemistry, Director of the Institute of Agricultural and Membrane Technologies, Batumi Shota Rustaveli State University

NINO KIKNADZE – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of Analytical Chemistry, Chief Research Scientist, Batumi Shota Rustaveli State University

RAUL GOTSIRIDZE – Doctor of Chemistry, Head of the Department of Membrane Technologies, Batumi Shota Rustaveli State University

IRINA NAKASHIDZE – Academic Doctor of Biology, specializing in Human Population Genetics. She was a Postdoctoral Researcher at the University of Perugia (2016–2017). Since 2018, she has held an academic position at Batumi Shota Rustaveli State University

MARIAM METREVELI – Academic Doctor of Biology, Director of the Institute of Phytopathology and Biodiversity, Batumi Shota Rustaveli State University

IZOLDA MACHUTADZE – Wetland Ecosystems Specialist, Conservation Biologist and Researcher, UNESCO National Consultant for the Kolkheti Lowland Wetland Ecosystems. Her research focuses on peatlands, biodiversity conservation, ecological restoration, and the development of paludiculture

LALI QRUASHVILI – Academic Doctor of Biology, Senior Research Scientist, Laboratory of Behavior and Cognitive Functions, Ivane Beritashvili Center of Experimental Biomedicine

TAMRIKO SUPATASHVILI – Academic Doctor of Chemistry, Associate Professor, University of Georgia; Senior Researcher, Water Management Institute, Georgian Technical University

GIORGI NATROSHVILI – Academic Doctor, Associate Professor and Researcher, Georgian Technical University. Research interests: water resources, bioeconomy, and ecological agrotechnologies

MARINA TEDIASHVILI – Doctor of Biological Sciences, Professor of Microbiology and Head of the Biology Program, University of Georgia; Head of the Laboratory of Microbial Ecology, George Eliava Institute of Bacteriophages, Microbiology and Virology

KAKHABER DJAKELI – Doctor of Economics, Associate Professor, Department of Medicine, School of Health Sciences, University of Georgia; Public Health Marketing Specialist

EKATERINE SANIKIDZE – Internist and Phthisio-Pulmonologist, Academic Doctor of Medicine, Associate Professor, Tbilisi State Medical University; Medical Director, Tbilisi Balneological Resort

NANA DEVDARIANI – Doctor of Chemical and Biological Engineering, Associate Professor, Faculty of Chemical and Biological Engineering, Georgian Technical University; Head of the Educational and Scientific Center

NANA BOKUCHAVA – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Faculty of Chemical and Biological Engineering, Georgian Technical University

TEA ZAKALASHVILI – Doctor of Chemical and Biological Engineering, Associate Professor, Faculty of Chemical and Biological Engineering, Georgian Technical University; Senior Research Scientist, Educational and Scientific Center

TEA GOGIBERIDZE – M.Sc. in Chemistry, Ivane Javakishvili Tbilisi State University; Senior Research Scientist, R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry; Expert, Division of Substances, Materials, Products and Plant Expertise, Department of Chemical Expertise, Levan Samkharauli National Forensics Bureau

YOSHINORI OHTSUKA – M.D., Ph.D., Professor Emeritus, Hokkaido University, Japan. Specialist in Balneotherapy, Diabetology, and Kampo Medicine

EWELINA TROŚCIANKO-WILK – PhD, Physiotherapist, T. Marciniak Hospital, Wrocław, Poland. Specialist in Home Rehabilitation

JERZY WEBER – Prof. Dr., Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Institute of Soil Science, Plant Nutrition and Environmental Protection

IRMINA ĆWIELĄG-PIASECKA – PhD in Chemistry, Dr. Habil. in Agriculture and Horticulture, Associate Professor, Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Poland

ASSOC. PROF. DR. PRESILAV PEEV (IO-BAS, Bulgaria) – Head of Marine Geology Dept. at IO-BAS, 30+ publications. Expertise: marine geology, coastal research, interdisciplinary expeditions

DR. KRASIMIRA SLAVOVA (IO-BAS, Bulgaria) – Senior Assistant, specialist in marine sediments, EU project experience (H2020). Expertise: sediment analysis, pollution/climate reconstruction

DR. SVETLANA SOLODYANKINA (IO-BAS, Bulgaria) – Researcher, coastal landscape science and participatory mapping. Contribution: ecosystem services, stakeholder integration

DR. LILIYA PANAYOTOVA (MU-Varna, Bulgaria) – MD, PhD in Rehabilitation Medicine, specialist in balneology. EU-funded project experience, clinical validation of therapies

PROF. TODORKA KOSTADINOVA (MU-Varna, Bulgaria) – PhD, Director of Accreditation & Projects. Expertise: quality management, EU project administration

PROF. ALEXANDER PLAKIDA (Ukraine) – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher in Rehabilitation. Expertise: physiotherapy, balneology, therapeutic rehabilitation. Contribution: clinical validation of balneological therapies, integration into healthcare

DR. SERGEY GUSHCHA (Ukraine) – PhD in Medicine, expert in experimental balneology and pathophysiology. Contribution: biomedical validation

DR. KRISTINA KOEVA (Ukraine) – PhD in Public Administration, head of Quality Control Center. Expertise: standards, QA/QC for balneological resources

DR. IRFAN UYSAL (Türkiye) – Faculty of Marine Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University (Türkiye). Expert in marine biodiversity, climate change, and coastal ecosystem resilience. Participant in multiple EU Black Sea and Blue Growth initiatives, focusing on sustainable use of marine resources

ASSOC. PROF. NATASA VAIDIANU (Romania) – Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Ovidius University of Con-

stanța; researcher at the University of Bucharest (Romania). Expertise in marine spatial planning (MSP), coastal management, blue economy, and marine governance. Actively engaged in EU Blue Economy and Blue Justice policy projects

MOHAMMED HAWASH, PHD – Associate Professor of Pharmaceutical Chemistry at An-Najah National University and Head of the Pharmaceutical Chemistry and Technology Department. His research focuses on medicinal chemistry, drug discovery, anticancer agents, neurodegenerative diseases, and diabetes-related therapeutics.

NIDAL JARADAT – Department of Pharmaceutical Chemistry and Technology, Faculty of Pharmacy, An-Najah National University, Nablus 00433, Palestine

MURAD ABUALHASAN – Department of Pharmaceutical Chemistry and Technology, Faculty of Pharmacy, An-Najah National University, Nablus 00433, Palestine

SABINA ALIYEVA – Leading researcher and education specialist at Azerbaijan State Oil and Industry University with more than 30 years of professional experience in higher and international education. Her work focuses on quality assurance in education, innovative educational practices, and international academic collaboration

ELCHIN ALIYEV – graduated from the Faculty of Chemistry of Baku State University in 1993. He worked as a researcher at the Azerbaijan National Academy of Sciences and Ruhr University Bochum, and held positions as Laboratory Manager at SGS Azeri and Director at Intertek Azeri companies. Currently, he is Director of the Central Laboratory at the Azerbaijan State Water Resources Agency

RENA MUSAYEVA LATIF GIZI – PhD in Medical Sciences, Head of the Department of “Study of Resort Resources” at the Scientific Research Institute of Medical Rehabilitation of the Ministry of Health of the Republic of Azerbaijan

MATANAT TALAT GIZI EFENDIYEVA – Doctor of Medical Sciences, Professor in the specialty of Rehabilitation Medicine, Sports Medicine, Therapeutic Physical Training, Balneology, and Physiotherapy. Member of the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Azerbaijan; member of the Azerbaijan State Standardization Committee Commission on Natural Therapeutic Mineral Waters

GOHAR PARSADANYAN – PhD in Medical Sciences, Head of the Scientific Personnel Planning and Training Department, Division of Science, and Scientific Secretary of the Scientific Coordination Council at Yerevan State Medical University after Mkhitar Heratsi (Armenia). Her research focuses on molecular epidemiology, genetic toxicology, micronucleus assay, cancer prevention, and biomonitoring. She is the coordinator of internationally funded research projects and the author of more than 50 scientific publications in the fields of environmental mutagenesis, cytogenetics, and public health.

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF SUSTAINABLE CELLULOSE/AG COMPOSITE HYDROGELS FOR WOUND DRESSINGS	15
Huzair Asghar, Hamad Asghar, Aleksandra Mikhailidi	
მდგრადი ცელულოზა/პერცხდის კომპოზიტური ჰიდროგელების ანტიბაქტერიული აქტივობა ჭრილობის სახვევებისთვის	16
ჰუზაირ ასლარ, ჰამად ასლარ, ალექსანდრა მიხაილიდი	
PRELIMINARY EVALUATION OF PLANT EXTRACTS FOR GREEN SYNTHESIS OF SILVER-CONTAINING CELLULOSE HYDROGELS	17
Hamad Asghar, Huzair Asghar, Aleksandra Mikhailidi	
ცელულოზა/პერცხდის კომპოზიტური ჰიდროგელების მწვანე სინთეზისთვის მცენარეული ექსტრაქტების წინასწარი შეფასება.....	18
ჰამად ასლარ, ჰუზაირ ასლარ, ალექსანდრა მიხაილიდი	
STRUCTURAL GAPS BETWEEN SCHOOL CHEMISTRY AND MEDICAL BIOCHEMISTRY	20
Aleksandra Mikhailidi, Giorgi Tskhvediani	
სტრუქტურული შეუსაბამობები სასკოლო ქიმიასა და სამედიცინო ბიოქიმიას შორის	21
ალექსანდრა მიხაილიდი, გიორგი ცხვედიანი	
SOILLESS SUBSTRATES.....	22
Aleksandra Mikhailidi	
მდგრადი ცელულოზური ჰიდროგელები ნიადაგის კონდიციონერებად და უნიადაგო სუბსტრატებად	23
ალექსანდრა მიხაილიდი	
FROM ANTHRAQUINONE CHEMISTRY TO BIOTECHNOLOGY: DESIGN, FUNCTIONALIZATION, AND EMERGING BIOMEDICAL APPLICATIONS	25
Tunc Catal	
THERAPEUTIC POTENTIAL OF BLACK SEA BRINE IN PERIPHERAL NERVE DISORDERS	26
Liliya Panayotova-Ovcharova, Detelina Nedyalkova-Petkova, Evgeniya Vladeva, Mariya Ivanova, Petar Petkov, Georgi Boshev	
INTEGRATED DESIGN AND DISCOVERY OF ISOXAZOLE, INDOLE-ACRYLAMIDE, AND PYRAZOLE SCAFFOLDS AS SELECTIVE COX-2 INHIBITORS AND DUAL-ACTION ANTICANCER AGENTS: A MOLECULAR MODELING GUIDED APPROACH.....	27
Mohammed Hawash, Murad Abu-Alhasan, Sultan Nacak Baytas, Paulina Maria Dominiak	
CHARACTERIZATION OF VOLATILE COMPOUNDS AND EVALUATION OF ANTIBACTERIAL, ANTIFUNGAL AND CYTOTOXIC PROPERTIES OF STACHYS PALAESTINA FROM PALESTINE	28
Nidal Jaradat	
A HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY METHOD FOR SIMULTANEOUS ANALYSIS OF NARINGIN, ASCORBIC ACID, AND CAFFEINE: DESIGN, DEVELOPMENT, AND VALIDATION	29
Murad Abualhasan, Mohammad Mousa, Hitaf Izhiman, Malak Alkhatib, Ibaa Aghbar	

HYDROCHEMICAL CHARACTERIZATION AND BALNEOLOGICAL POTENTIAL OF THERMAL AND MINERAL WATERS FROM THE MASALLI REGION OF AZERBAIJAN.....	30
Elchin Aliyev, Shamsiya Qarayeva, Aytaj Kazimova	
THERAPEUTIC POTENTIAL OF NATURAL MINERAL WATERS	31
Matanat Afandiyeva	
NATURAL THERAPEUTIC MINERAL WATERS OF KARABAKH	32
Rena Musayeva, Gular Aliyeva	
PERSISTENTLY ELEVATED VITAMIN B12: A MISSED DIAGNOSTIC OPPORTUNITY?	33
Nameera Parveen Shaikh, Aleena Parveen Shaikh, Tamar Peshkova, Irina Nakashidze	
VITAMIN D STATUS IN DIABETES MELLITUS: EMERGING EVIDENCE ON GLUCOSE HOMEOSTASIS, INSULIN RESISTANCE, AND CLINICAL IMPLICATIONS	34
Ahishtan Febrian Nishanthan. Abeshana Febrian Nishanthan, Dr. Rusudan Vadatchkoria, Dr. Irina Nakashidze, Dr. Tamar Peshkova	
MICRONUCLEI AND OTHER NUCLEAR ANOMALIES IN UROTHELIAL CELLS OF PATIENTS WITH TYPE 1 DIABETES MELLITUS.....	36
Gohar Parsadanyan, Gayane Zalyan, Elena Agajanova, Lusine Araquelyan, Ani Gevorgyan, Armen Nersesyan	
გარდამავალი რეცეპტორული კოტენციური არხები ტიპი 1-ის დიაბეტის და ქაივილის შემდგომი.....	37
მერაბ ცაგარელი, მაია ცაგარელი	
TRANSIENT RECEPTOR POTENTIAL CHANNELS IN PAIN AND ITCH	38
Merab Tsagareli, Maia Tsagareli	
TRPA1 არხის როლი თერმულ ჰიპერალგეზიასა და მექანიკურ ალოდინიაში.....	39
ივლიანე ნოზაძე, გულნაზ გურტსკაია, გულნარა გედევანიშვილი, მერაბ ცაგარელი	
ROLE OF TRPA1 CHANNEL IN THERMAL HYPERALGESIA AND MECHANICAL ALLODYNIA.....	40
Ivliane Nozadze, Gulnaz Gurtaskaia, Gulnara Gedevanishvili, Merab G. Tsagareli	
ორგანიზმში ცილოვანი ნაერთების ტრანსპორტირების გზით შეყვანა პოლივინილის სპირტის საფუძველზე დამზადებული ფირებით	41
ხვედელიძე ნ.შ., მარქარაშვილი ე.გ., ძიდიგური დ.ვ.	
TRANSDERMAL DELIVERY OF PROTEIN COMPOUNDS USING POLYVINYL ALCOHOL-BASED FILMS.....	42
Khvedelidze N.Sh., Markarashvili E.G., Dzidziguri D.V.	
ახალი ნაბოცემენტები ნარჩენების საფუძველზე	43
მარქარაშვილი ე., თაყაიშვილი ნ., ხახუტაიშვილი ა., სნესარ ა., შერმადინი ხ., გვარამაძე თ.	
NEW ADHESIVE CEMENTS BASED ON WASTE.....	44
Markarashvili E., Takaishvili N., Khakhutaishvili A., Snesar A., Shermadini Kh., Gvaramadze T. ბენტონიტური თიხა-გოგირდის კომპოზიტის გამოყენების შესაძლებლობების	
კვლევა ორგანულ სოფლის მეურნეობაში	45
მზია ბერუაშვილი, ლევან უჭმაჭურიძე, მაია მირველაშვილი	

RESEARCH ON THE POTENTIAL USE OF A BENTONITE CLAY-SULFUR COMPOSITE IN ORGANIC AGRICULTURE	47
Mzia Beruashvili, Levan Ujmajuridze, Maia Mirvelashvili	
შერეულ ნათესაბში „თანამგზავრ“ მცენარეთა ალელოპათიური შესაძლებლობების გამოყენების შესწავლის მასალები	48
მზია ბერუაშვილი, გოჩა წერეთელი, მზეინაბ სარალიძე, გივი წილოსანი, ზურაბ ბილანიშვილი	
MATERIALS FOR THE STUDY OF USING THE ALLELOPATHIC POTENTIAL OF “COMPANION” PLANTS IN MIXED CROPPING SYSTEMS	49
Mzia Beruashvili, Gocha Tsereteli, Mzeinab Saralidze, Givi Tsilosani, Zurab Bilanishvili	
ბუნებრივი სამკურნალო რესურსები ტრანსლაციურ და ინტეგრირებულ მედიცინაში: ქიმიური დახასიათებიდან კლინიკურ ინტეგრაციამდე	51
მარინე შავლაყაძე, გიორგი ნატროშვილი	
NATURAL THERAPEUTIC RESOURCES IN TRANSLATIONAL AND INTEGRATIVE MEDICINE: FROM CHEMICAL CHARACTERIZATION TO CLINICAL INTEGRATION.....	52
Marine Shavlakadze, Giorgi Natroshvili	
დამხმარე ტექნოლოგიები, ტრანსლაციური მედიცინა და ინკლუზიური ბალნეოლოგია: დამოუკიდებელი ცხოვრების ახალი შესაძლებლობები	53
მარინე შავლაყაძე, შორენა შავლაყაძე, გიორგი ნატროშვილი	
SMART INDEPENDENT LIVING ECOSYSTEM: INTEGRATING ASSISTIVE TECHNOLOGIES, TRANSLATIONAL MEDICINE, AND INCLUSIVE BALNEOLOGY	54
Marine Shavlakadze, Shorena Shavlakadze, Giorgi Natroshvili	
ხელოვნური ინტელექტისა და გაციფრულების გავლენა საქართველოს ჯანდაცვის დასაქმების ბაზარზე 2027-2030 წლებში	55
კახაბერ ჯაყელი	
THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITALIZATION ON THE GEORGIAN HEALTHCARE EMPLOYMENT MARKET IN 2027-2030	56
Kakhaber Djakeli	
ჯანმრთელობის ზემოქმედების შეფასება და ციფრული ეკოსისტემა საქართველოში: მონიტორინგის სისტემის დანერგვის გზები და პერსპექტივები.....	57
დალი კეკელიძე	
HEALTH IMPACT ASSESSMENT AND DIGITAL ECOSYSTEM IN GEORGIA: PATHWAYS AND PROSPECTS FOR ESTABLISHING A NATIONAL MONITORING SYSTEM.....	58
Dali Kekelidze	
საკვები L-არგინინის ანთიოქსიდანტური ეფექტი კორტიკოსტერონით ინდუცირებული დეპრესიის ვირთაგვის მოდელში.....	59
ალექსანდრა ბურდული, თეკლა გვარამაძე	
ANTIOXIDANT EFFECT OF DIETARY L-ARGININE IN A RAT MODEL OF CORTICOSTERONE-INDUCED DEPRESSION.....	60
Alexandra Burduli, Tekla Gvaramadze	

ველური ბუნების ტუბერკულოზი საქართველოში: გენეტიკური მრავალფეროვნების, გეოგრაფიული გავრცელებისა და საზოგადოებრივი ჯანდაცვის ტვირთის კვლევა „ერთიანი ჯანმრთელობის“ მიდგომით.....	61
თენგიზ ყურაშვილი, ეკატერინე ზანგალაძე, გოგი ჯიქია, თეა მუსელიანი, ლევან მაკარაძე, ლევან ციცქიშვილი	
WILDLIFE TUBERCULOSIS IN GEORGIA: A ONE HEALTH INVESTIGATION OF GENETIC DIVERSITY, GEOGRAPHIC DISTRIBUTION AND PUBLIC HEALTH BURDEN.....	63
Tengiz Kurashvili, Ekaterine Zangaladze, Gogi Jikia, Tea Museliani, Levan Makaradze, Levan Tsitskishvili	
AMPHIPHILIC PSEUDOPROTEINS FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	64
Nino Zavrashvili, Nino Kupatadze, Natia Ochkhikidze, Marekh Gverdsiteli, Ramaz Katsarava	
ბიოსამედიცინო დანიშნულების ამფიფილური ფსევდოპროტეინები.....	64
ნინო ზავრადაშვილი, ნინო კუპატაძე, ნათია ოჩხიკიძე, მარეხ გვერდნითელი, რამაზ ქაცარავა	
ტრადიციული მედიცინის ასახვა დაავადებათა ახალ საერთაშორისო კლასიფიკატორში – ICD11	65
ეკატერინე სანიკიძე	
REFLECTION OF TRADITIONAL MEDICINE IN INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF DISEASES – ICD11	66
Ekaterine Sanikidze	
საქართველოს ლაბორატორიების ასოციაციის (GELAB) როლი ქვეყნის ხარისხის ინფრასტრუქტურის მდგრად განვითარებაში	67
ეკატერინე კოპლატაძე	
THE ROLE OF THE GEORGIAN LABORATORY ASSOCIATION (GELAB) IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL QUALITY INFRASTRUCTURE	68
Ekaterine Koplatadze	
მთიანი აჭარის ზოგიერთი წყაროს წყლის ხარისხობრივი მაჩვენებლების შედარებითი დახასიათება.....	70
ნინო კიკნაძე, ნანი გვარიშვილი, ანა ხახუტაიშვილი, თამთა შავაძე, მარიამ ირემაძე, მარიამ გოგიტიძე, გელოდი სურმანიძე	
COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF THE QUALITY INDICATORS OF SELECTED SPRING WATERS IN MOUNTAINOUS ADJARA	71
Nino Kiknadze, Nani Gvarishvili, Ana Khakhutaishvili, Tamta Shavadze, Mariam Iremadze, Mariam Gogitidze, Gelodi Surmanidze	
საქართველოს ზოგიერთი მდინარის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების სივრცობრივ-ტემპორალური შეფასება.....	72
ნინო კიკნაძე, ნანი გვარიშვილი, გელოდი სურმანიძე	
SPATIAL AND TEMPORAL ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL WATER QUALITY PARAMETERS IN SELECTED RIVERS OF GEORGIA.....	73
Nino Kiknadze, Nani Gvarishvili, Gelodi Surmanidze	
ხელვაჩაურის მუნიციპალიტეტში (სოფ. მახო) აღებული თეთრი ჩაის ფოთლების ფიზიკო-ქიმიური პარამეტრების შედარებითი შეფასება, სხვადასხვა ტექნოლოგიური დამუშავების პირობებში.....	74
ნინო კიკნაძე, ნინო სეიდიშვილი, სალომე მახარაძე	

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF WHITE TEA LEAVES COLLECTED IN KHELVA CHAURI MUNICIPALITY (MAKHO VILLAGE) UNDER DIFFERENT PROCESSING CONDITIONS	75
Nino Kiknadze, Nino Seidishvili, Salome Makharadze	
აჭარა-გურიის ეკოსისტემებში გავრცელებული ანწლის ბოტანიკურ-მორფოლოგიური დახასიათება, ფოთლების ფიტოქიმიური და ფარმაკოლოგიური პოტენციალის შედარებითი ანალიზი	76
ნინო კიკნაძე, ნინო სეიდიშვილი, ნათია ფუტყარაძე	
BOTANICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ELDERBERRY (SAMBUCUS EBULUS L.) DISTRIBUTED IN THE ADJARA-GURIA ECOSYSTEMS AND COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYTOCHEMICAL AND PHARMACOLOGICAL POTENTIAL OF ITS LEAVES.....	77
Nino Kiknadze, Nino Seidishvili, Natia Phutkaradze	
გარემოს დაბინძურება მანგანუმით და მისგან გამომწვეული რისკები ჭიათურის მაგალითზე.....	78
თამრიკო სუპატაშვილი, მარინა დავლაძე, მაკა გუგუჩია	
ENVIRONMENTAL POLLUTION WITH MANGANESE AND THE RISKS CAUSED BY IT USING THE EXAMPLE OF CHIATURA.....	79
Tamriko Supatashvili, Marina Davladze, Maka Guguchia	
ელექტროდიალიზური დანადგარებით მძიმე მეტალების (უპირატესად ქრომი, ნიკელი, კობალტი, ტყვია) იონების შემცველი ჩამდინარე და გამრეცხი წყლების უბილიზაცია	80
რაულ გოცირიძე, ნინო მხეიძე, ჯეირან ფუტყარაძე, ლამზირა კონცელიძე	
UTILIZATION OF WASTEWATER AND RINSE WATER CONTAINING HEAVY METAL IONS (PRIMARILY CHROMIUM, NICKEL, COBALT, AND LEAD) USING ELECTRODIALYSIS UNITS.....	81
Raul Gotsiridze, Nino Mkheidze, Jeiran Putkaradze, Lamzira Kontselidze	
ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული წყლების გაწმენდის თანამედროვე ტექნოლოგიები და კვლევის მეთოდები	82
იამზე კეჟერაძე, რუსლან დავითაძე, ნინო მხეიძე, რაულ გოცირიძე	
MODERN TECHNOLOGIES AND RESEARCH METHODS FOR CLEANING WATER CONTAMINATED WITH PETROLEUM PRODUCTS.....	83
Iamze Kezheradze, Ruslan Davitadze, Nino Mkheidze, Raul Gotsiridze	
მანგანუმის ფულვატების შესწავლა გელქრომატოგრაფიული მეთოდით	84
სესილი როგავა, თამარ მახარაძე, ნათელა ანანიშვილი	
INVESTIGATION OF MANGANESE FULVATE COMPLEXES BY THE GEL CHROMATOGRAPHIC METHOD....	85
Sesili Rogava, PhD Student Tamar Makharadze, Natela Ananiashvili	
ტოლუოლის ქრონიკული ინჰალაციის მყისიერი და შორეული ეფექტები ახალგაზრდა მამრი ვირთაგვების სოციალურ ქცევასა და თავის ტვინის ულტრასტრუქტურაზე	86
ნინო ფოჩხიძე, მზია ჯვანია, ნადეჟდა ჯაფარიძე	
IMMEDIATE AND PERSISTENT EFFECTS OF CHRONIC TOLUENE INHALATION ON SOCIAL BEHAVIOR AND BRAIN ULTRASTRUCTURE IN ADOLESCENT MALE RATS.....	87
Nino Pochkhidze, Mzia Zhvania, Nadezhda Japaridze	
ბიო სასუქები (ბლექჰეკი და ჯეოჰუმბატი, Cu++) გარემოს დაბინძურების წინააღმდეგ	89
ნ. კუტალაძე, გ. კილასონია, თ. გოგოლიშვილი, ც. ბოლქვაძე, თ. გორგილაძე	

BIO-FERTILIZERS (BLACKJACK, GEOHUMAT, AND CU++) AGAINST ENVIRONMENTAL POLLUTION.....	90
N. Kutaladze, G. Kilasonia, T. Gogolishvili, C.bolqvadze, T. Gorgiladze	
წყალხსნარების გაწმენდა კადმიუმის იონებისგან ტრავერტინის თანაობისას.....	91
დალი იოსელიანი, გულნარა ბალარჯიშვილი, ნელი კალაბეგაშვილი, ნინო ნონიკაშვილი, ლიანა სამხარაძე	
PURIFICATION OF AQUEOUS SOLUTIONS FROM CADMIUM IONS IN THE PRESENCE OF TRAVERTINE	93
Dali Ioseliani, Gulnara Balarjishvili, Neli Kalabegashvili, Nino Nonikashvili, Liana Samkharadze	
გრაფიტის ინტერკალირებული ნაერთებისა და გრაფიტის ფოლგის ქიმიური და ელექტროქიმიური დაჟანგვა და მიღებული გრაფენის ოქსიდის (GO) თვისებების კვლევა	94
ია მგალობლიშვილი, თამარ დუნდუა, ნათია ბარბაკაძე, ქეთევან სარაჯიშვილი, თამარ ქორქია, რაულ გოცირიძე, ნინო მხეიძე, როინ ჭეღია	
CHEMICAL AND ELECTROCHEMICAL OXIDATION OF GRAPHITE INTERCALATION COMPOUNDS AND GRAPHITE FOIL AND INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF THE OBTAINED GRAPHENE OXIDE (GO).....	96
Ia Mgaloblishvili, Tamar Dundua, Natia Barbakadze, Ketevan Sarajishvili, Tamar Korkia, Raul Gotsiridze, Nino Mkhedze, Roin Chedia	
ეკოლოგიური ბალანსის შენარჩუნების მიზნით ინოვაციების შემუშავება მევენახეობაში	97
მაია მირველაშვილი, ომარი ლომთაძე, ლუდმილა ცხვედაძე	
DEVELOPMENT OF INNOVATIONS IN VITICULTURE TO MAINTAIN ECOLOGICAL BALANCE.....	98
Maia Mirvelashvili, Omari Lomtadze, Ludmila Tskhvedadze	
იოდშემცველი მინერალური სასმელი წყაროს წყლები ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვისა და დაავადებების პროფილაქტიკის მიზნით.....	99
რ. კვატაშიძე, ლ. ახალბედაშვილი, მ. ბროკიშვილი, გ. თოდრაძე, ნ. ჯანაშვილი, ნ. გაგნიაშვილი, მ. უკლება	
IODINE-CONTAINING MINERAL SPRING DRINKING WATERS IN THE CONTEXT OF HUMAN HEALTH PROTECTION AND DISEASE PREVENTION.....	100
R. Kvatahidze, L. Akhalbedashvili, M. Brokishvili, G. Todradze, N. Janashvili, N. Gagniashvili, M. Ukleba	
ბიოგენური ელემენტების ნანოკომპოზიტის შემცველი კბილის პასტა: ფორმულაცია, თექნოლოგია და ბიოფარმაცევტული შეფასება	101
ალიოშა ბაკურიძე, მარინა მამალაძე, რაულ გოცირიძე, მალხაზ გეთია, ეკატერინე მოსიძე, ლამზირა ებრაღიძე, მალხაზ ჯოხაძე, ლაშა ბაკურიძე, გიორგი ბაკურიძე, დალი ბერაშვილი	
DENTAL PASTE CONTAINING A BIOGENIC ELEMENT-BASED NANOCOMPOSITE: FORMULATION, TECHNOLOGY AND BIOPHARMACEUTICAL EVALUATION	102
Aliosha Bakuridze, Marina Mamaladze, Raul Gotsiridze, Malkhaz Getia, Ekaterine Mosidze, Lamzira Ebralidze, Malkhaz Jokhazde, Lasha Bakuridze, Giorgi Bakuridze, Dali Berashvili	
ქართული ასკანის ბენტონიტური თიხა როგორც მრავალფუნქციური კოსმეცევტიკური ინგრედიენტი: ფიზიკურ-ქიმიური და მინერალოგიური ანალიზი.....	104
ნანა ბოკუჩავა, ნანა დევდარიანი, თეა ზაკალაშვილი	
GEORGIAN ASKANA BENTONITE CLAY AS A MULTIFUNCTIONAL COSMECEUTICAL INGREDIENT: PHYSICO-CHEMICAL AND MINERALOGICAL INSIGHTS.....	105
Nana Bokuchava, Nana Devdariani, Tea Zakalashvili	

ფეიჯოას (FEIJOA SELLOWIANA BERG.) ნაყოფში ზოგიერთი მძიმე მეტალისა და რადიოაქტიური ნივთიერების კვლევის შედეგები.....	106
ნინო ქედელიძე	
HEAVY METAL AND RADIONUCLIDE CONTENT IN FEIJOA (FEIJOA SELLOWIANA BERG.) FRUITS.....	108
Nino Kedelidze	
ტრიოფთოტირონიტის $\alpha\beta 3$ ინტეგრინით გაზუალეხული მოქმედება JAK/STAT სასიგნალო გზაზე.....	109
ელისაბედ კვერდელიძე	
TRIIODOTHYRONINE $\alpha\beta 3$ INTEGRIN-MEDIATED ACTION ON THE JAK/STAT SIGNALING PATHWAY ...	110
Elisabed Kvergelidze	
PHTHALOCYANINE PHOTSENSITIZERS IN ANTIMICROBIAL PHOTODYNAMIC THERAPY.....	111
Lili Arabuli	
იმერეთის მხარის ვანის მუნიციპალიტეტის სოფელ ძუყნურის წყაროს წყლებში ფიზიოლოგიურად აქტიური იონების რაოდენობრივი განსაზღვრა	112
მანუჩარ ჩიქოვანი, გურამ გაბრიადე, გიორგი იამანიძე, ელენე ტაბეშაძე, მადონა სამხარაძე, ნინო კახიძე	
QUANTITATIVE DETERMINATION OF PHYSIOLOGICALLY ACTIVE IONS IN THE SPRING WATERS OF DZUKHUNURI VILLAGE, VANI MUNICIPALITY, IMERETI REGION	113
Manuchar Chikovani, Guram Gabriadze, Giorgi Iamanidze, Elene Tabeshadze, Madonna Samkharadze, Nino Kakhidze	
ალტერნატიულ ნედლეულზე და ახალი მიდგომებით ბიომინერალის მიღების ტექნოლოგიისა და ტვისებათა სრულყოფა	115
მარინე შავლაყაძე, ილონა შეკილაძე, თეიმურაზ ქეიშვილი	
IMPROVEMENT OF BIOACTIVE GLASS TECHNOLOGY AND PROPERTIES USING ALTERNATIVE RAW MATERIALS AND NOVEL PROCESSING APPROACHES	117
Marine Shavlakadze, Ilona Shekiladze, Teimuraz Cheishvili	
THE FUTURE OF MEDICAL PUBLISHING: AI, ETHICS, AND GLOBAL INDEXING	118
Natia Gabedava	
THE IMPACT OF MODERN DIETARY PATTERNS ON STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES IN THE DIGESTIVE SYSTEM: EVOLUTIONARY CHANGES OF GASTROINTESTINAL ORGANS	119
Rusudan Vadatchkoria, Parvathy Narayan	
MAKLINE COSMETICS: მეცნიერება, ბუნება და ინოვაცია კრემიუმ ვეგანურ კოსმეტიკაში	120
მაიკო ზაქრაძე	
კიელ ნატურალსი – ქართული ბუნებრივი კოსმეტიკის ტრადიცია, ინოვაცია და საერთაშორისო ხარისხის სტანდარტები	121
თამარ ლომაძე	

სტატიები/ARTICLES

TRANSIENT RECEPTOR POTENTIAL CHANNELS IN PAIN AND ITCH	124
Merab G. Tsagareli and Maia Tsagareli	
STUDY OF THE POTENTIAL USE OF A BENTONITE CLAY-SULFUR COMPOSITE IN THE ORGANIC AGRICULTURE.....	136
Mzia Beruashvili, Levan Ujmajuridze, Maia Mirvelashvili, Omari Lomtadze	
COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF THE QUALITY INDICATORS OF SELECTED SPRING WATERS IN MOUNTAINOUS ADJARA.....	144
Nino Kiknadze, Nani Gvarishvili, Ana Khakhutaishvili, Tamta Shavadze, Mariam Iremadze, Mariam Gogitidze, Gelodi Surmanidze	
SPATIAL AND TEMPORAL ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL WATER QUALITY PARAMETERS IN SELECTED RIVERS OF GEORGIA.....	152
Nino Kiknadze, Nani Gvarishvili, Gelodi Surmanidze	
COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF WHITE TEA LEAVES COLLECTED IN KHELVACHAURI MUNICIPALITY (MAKHO VILLAGE) UNDER DIFFERENT PROCESSING CONDITIONS.....	158
Nino Kiknadze, Nino Seidishvili, Salome Makharadze	
BOTANICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ELDERBERRY (SAMBUCUS EBULUS L.) DISTRIBUTED IN THE ADJARA-GURIA ECOSYSTEMS AND COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYTOCHEMICAL AND PHARMACOLOGICAL POTENTIAL OF ITS LEAVES.....	165
Nino Kiknadze, Nino Seidishvili, Natia Phutkaradze	
IODINE-CONTAINING MINERAL SPRING DRINKING WATERS IN THE CONTEXT OF HUMAN HEALTH PROTECTION AND DISEASE PREVENTION.....	170
R. Kvatahidze, L. Akhalbedashvili, M. Brokishvili, G. Todradze, N. Janashvili, N. Gagniashvili, M. Ukleba	
BIO-FERTILIZERS (BLACKJACK, GEOHUMAT, AND CU++) AGAINST ENVIRONMENTAL POLLUTION	174
N. Kutladze, G. Kilasonia, T. Gogolishvili, C. bolqvadze T. Gorgiladze	
PERSISTENTLY ELEVATED VITAMIN B12: A MISSED DIAGNOSTIC OPPORTUNITY?.....	180
Nameera Parveen Shaikh, Aleena Parveen Shaikh, Tamar Peshkova, Irina Nakashidze	
NATURAL THERAPEUTIC RESOURCES IN TRANSLATIONAL AND INTEGRATIVE MEDICINE: FROM CHEMICAL CHARACTERIZATION TO CLINICAL INTEGRATION.....	185
Marine Shavlakadze, Giorgi Natroshvili	
THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITALIZATION ON THE GEORGIAN HEALTHCARE EMPLOYMENT MARKET IN 2027-2030	207
Professor Kakhaber Djakeli	
REFLECTION OF TRADITIONAL MEDICINE IN THE NEW INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF DISEASES – ICD11.....	222
Ekaterine Sanikidze	
MAKLINE COSMETICS: SCIENCE, NATURE, AND INNOVATION IN PREMIUM VEGAN COSMETICS	229
Maiko Zakradze	
PIEL NATURALS: INTEGRATING GEORGIAN HERITAGE, SCIENTIFIC INNOVATION, AND INTERNATIONAL QUALITY STANDARDS IN NATURAL COSMETICS.....	232
Tamar Lomadze	

Antibacterial Activity of Sustainable Cellulose/Ag Composite Hydrogels for Wound Dressings

HUZAIR ASGHAR

BAU International University Batumi, Student, MD Program

HAMAD ASGHAR

BAU International University Batumi, Student, MD Program

ALEKSANDRA MIKHAILIDI

BAU International University Batumi, PhD, Professor

KEYWORDS: cellulose hydrogel; composite; silver nanoparticles; wound dressing; antibacterial activity

Chronic wound infections remain a major challenge in modern healthcare due to the increasing prevalence of antibiotic-resistant microorganisms. Cellulose hydrogels provide a biocompatible, moist environment favorable for wound healing, while silver nanoparticles offer broad-spectrum antimicrobial activity. This study aimed to prepare cellulose/Ag composite hydrogels with *in situ* synthesized silver nanoparticles and evaluate their antibacterial activity against clinically relevant bacterial pathogens.

Regenerated cellulose hydrogels were prepared by dissolving cellulose in a DMAc/LiCl solvent system followed by regeneration in water. Silver nanoparticles were synthesized directly within the hydrogel matrix using a diffusion–reduction method based on silver nitrate and sodium citrate at different Ag⁺/citrate molar ratios. The composite hydrogels were characterized by X-ray photoelectron spectroscopy, Fourier-transform infrared spectroscopy, scanning electron microscopy, energy-dispersive X-ray analysis, and equilibrium water capacity measurements.

Antibacterial activity was evaluated *in vitro* using the agar diffusion method on TSA medium against reference strains of *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Escherichia coli* ATCC 25922. Composite hydrogels containing *in situ* synthesized silver nanoparticles inhibited the growth of both Gram-positive and Gram-negative bacteria, confirming successful incorporation of antimicrobial functionality into the regenerated cellulose matrix. The influence of cellulose type, hydrogel concentration, and Ag⁺/citrate molar ratio on antibacterial performance was analyzed to identify the most promising formulations for wound dressing applications. Ongoing work extends the microbiological evaluation to additional clinically relevant pathogens, including *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumoniae*, together with complementary quantitative antibacterial assays.

The results demonstrate that regenerated cellulose hydrogels containing *in situ*

synthesized silver nanoparticles represent promising antimicrobial biomaterials for wound dressings. Further optimization of nanoparticle synthesis and microbiological evaluation will support the development of cellulose-based wound dressings with improved antibacterial performance.

Funding: This work was supported by the BAU International University Batumi Research Grant MED-01-25.

მდგრადი ცელულოზა/ვერცხლის კომპოზიციური ჰიდროგელების ანტიბაქტერიული აქტივობა ჭრილობის სახვევებისთვის

ჰუზაირ ასლარ

ბათუმის BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტი, სტუდენტი, MD პროგრამა

ჰამად ასლარ

ბათუმის BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტი, სტუდენტი, MD პროგრამა

ალექსანდრა მიხაილიდი

ბათუმის BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტი, PhD, პროფესორი

საკვანძო სიტყვები: ცელულოზური ჰიდროგელი; კომპოზიციური
მასალა; ვერცხლის ნანონაწილაკები; ჭრილობის სახვევი;
ანტიბაქტერიული აქტივობა

ქრონიკული ჭრილობების ინფექციები თანამედროვე მედიცინის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემად რჩება ანტიბიოტიკებისადმი რეზისტენტული მიკრო-ორგანიზმების გავრცელების ზრდის გამო. ცელულოზური ჰიდროგელები უზრუნველყოფს ბიოშეთავსებად, ტენიან გარემოს, რომელიც ხელს უწყობს ჭრილობის შეხორცებას, ხოლო ვერცხლის ნანონაწილაკებს ახასიათებს ფართო სპექტრის ანტიმიკრობული აქტივობა. კვლევის მიზანი იყო *in situ* სინთეზირებული ვერცხლის ნანონაწილაკების შემცველი ცელულოზა/ვერცხლის კომპოზიციური ჰიდროგელების მიღება და მათი ანტიბაქტერიული აქტივობის შეფასება კლინიკურად მნიშვნელოვანი ბაქტერიული პათოგენების მიმართ.

რეგენერირებული ცელულოზური ჰიდროგელები მიღებულ იქნა ცელულოზის DMAc/LiCl გამხსნელ სისტემაში გახსნით და შემდგომ წყალში რეგენერაციით. ვერცხლის ნანონაწილაკები უშუალოდ ჰიდროგელის მატრიცაში სინთეზირდა დიფუზიურ-აღდგენითი მეთოდით ვერცხლის ნიტრატისა და ნატრიუმის ციტრატის გამოყენებით Ag^+ /ციტრატის სხვადასხვა მოლური თანაფარდობის პირობებში. მიღებული კომპოზიციური ჰიდროგელები დახასიათდა რენტგენული ფოტოელექტრონული სპექტროსკოპიით (XPS), ფურიეს გარდაქმნის ინფრარითელი სპექტროსკოპიით (FTIR), სკანირებადი ელექტრონული მიკროსკოპიით (SEM), ენე-

რგოდისპერსიული რენტგენული ანალიზით (EDS) და წონასწორული წყლის შთანთქმის უნარის განსაზღვრით.

ანტიბაქტერიული აქტივობა *in vitro* შეფასდა აგარში დიფუზიის მეთოდით TSA საკვებ არეზე *Staphylococcus aureus* ATCC 6538-ისა და *Escherichia coli* ATCC 25922-ის საცნობარო შტამების მიმართ. *in situ* სინთეზირებული ვერცხლის ნანონაწილაკების შემცველმა კომპოზიციურმა ჰიდროგელებმა შეაფერხა როგორც გრამდადებითი, ისე გრამუარყოფითი ბაქტერიების ზრდა, რაც ადასტურებს რეგენერირებულ ცელულოზურ მატრიცაში ანტიმიკრობული ფუნქციის წარმატებულ ინტეგრაციას. ანტიბაქტერიულ ეფექტურობაზე შეფასდა ცელულოზის ტიპის, ჰიდროგელის კონცენტრაციისა და Ag⁺/ციტრატის მოლური თანაფარდობის გავლენა, რათა გამოვლენილიყო ჭრილობის სახვევებისთვის ყველაზე პერსპექტიული ფორმულაციები. მიმდინარე კვლევა მოიცავს ანტიბაქტერიული შეფასების გაფართოებას დამატებით კლინიკურად მნიშვნელოვან პათოგენებზე, მათ შორის *Pseudomonas aeruginosa*-სა და *Klebsiella pneumoniae*-ზე, აგრეთვე ანტიბაქტერიული აქტივობის რაოდენობრივი შეფასების დამატებითი მეთოდების გამოყენებას.

მიღებული შედეგები აჩვენებს, რომ *in situ* სინთეზირებული ვერცხლის ნანონაწილაკების შემცველი რეგენერირებული ცელულოზური ჰიდროგელები წარმოადგენს პერსპექტიულ ანტიმიკრობულ ბიომასალას ჭრილობის სახვევებისთვის. ნანონაწილაკების სინთეზის პირობებისა და მიკრობიოლოგიური შეფასების შემდგომი ოპტიმიზაცია ხელს შეუწყობს გაუმჯობესებული ანტიბაქტერიული თვისებების მქონე ცელულოზაზე დაფუძნებული ჭრილობის სახვევების განვითარებას.

დაფინანსება: კვლევა განხორციელდა ბათუმის BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტის კვლევითი გრანტის MED-01-25 ფინანსური მხარდაჭერით.

Preliminary Evaluation of Plant Extracts for Green Synthesis of Silver-Containing Cellulose Hydrogels

HAMAD ASGHAR

BAU International University Batumi, Student, MD Program

HUZAIR ASGHAR

BAU International University Batumi, Student, MD Program

ALEKSANDRA MIKHAILIDI

BAU International University Batumi, PhD, Professor

KEYWORDS: green synthesis; plant extracts; silver nanoparticles; cellulose hydrogel; wound dressing

Wound dressings containing silver nanoparticles are widely investigated because of their broad-spectrum antibacterial activity. Plant extracts have attracted attention as reducing agents for silver synthesis. However, the diversity and limited reproducibility of published plant-mediated synthesis protocols hinder their practical implementation. This preliminary study aimed to identify promising plant extracts and optimize plant-mediated silver reduction conditions for the subsequent preparation of cellulose/Ag composite hydrogels.

A systematic literature review was conducted to identify reproducible and technically straightforward plant-mediated silver reduction protocols. Published protocols frequently lacked critical experimental information, including extraction conditions, reagent concentrations, reaction temperatures, and reaction times, limiting their experimental reproducibility. Selection criteria included sufficient methodological detail, simple extraction procedures, and minimal additional processing. Based on this analysis, chamomile and cinnamon extracts were selected for experimental evaluation.

Silver reduction was performed in aqueous AgNO_3 solutions under different reaction conditions and monitored by UV-Vis spectroscopy. Trisodium citrate-mediated reduction served as the reference system. Experimental evaluation demonstrated that the appearance and intensity of the surface plasmon resonance (SPR) absorption band characteristic of silver nanoparticles (typically observed in the 400–450 nm region) strongly depended on both the selected plant extract and the reaction conditions. Following protocol optimization, chamomile extract produced the most pronounced SPR absorption band, whereas cinnamon extract required further optimization.

The applicability of the diffusion–reduction approach for introducing plant-mediated silver systems into regenerated cellulose hydrogels had been demonstrated previously using green tea and aloe extracts. The present study demonstrated that reliable plant-mediated silver reduction requires critical evaluation of published methodologies and experimental optimization for individual plant extracts. The obtained results provide a basis for selecting promising plant extracts and optimized silver reduction conditions for the subsequent preparation, physicochemical characterization, and antibacterial evaluation of cellulose/Ag composite hydrogels.

Funding: This work was supported by the BAU International University Batumi Research Grant MED-01-25.

ცედულობა/ვერცხლის კომპოზიციური ჰიდროგელების მწვანე სინთეზისთვის მცენარეული ექსტრაქტების წინასწარი შეფასება

კამად ასლარ

ბათუმის BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტი, სტუდენტი, MD პროგრამა

კუზაირ ასლარ

ბათუმის BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტი, სტუდენტი, MD პროგრამა

ალექსანდრა მინაილიძე

ბათუმის BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტი, PhD, პროფესორი

საკვანძო სიტყვები: მწვანე სინთეზი; მცენარეული ექსტრაქტები; ვერცხლის ნანონაწილაკები; ცელულოზური ჰიდროგელი; ჭრილობის სახვევი

ვერცხლის ნანონაწილაკების შემცველი ჭრილობის სახვევები ფართოდ შეისწავლება მათი ფართო სპექტრის ანტიბაქტერიული აქტივობის გამო. ვერცხლის სინთეზისთვის აღდგენით აგენტებად მცენარეული ექსტრაქტების გამოყენებისადმი ინტერესი მნიშვნელოვნად გაიზარდა. თუმცა, გამოქვეყნებული მცენარეული ექსტრაქტებით მართული სინთეზის პროტოკოლების მრავალფეროვნება და შეზღუდული განმეორებადობა ზღუდავს მათ პრაქტიკულ გამოყენებას. წინამდებარე წინასწარი კვლევის მიზანი იყო პერსპექტიული მცენარეული ექსტრაქტების შერჩევა და მცენარეული ექსტრაქტებით ვერცხლის აღდგენის პირობების ოპტიმიზაცია ცელულოზა/ვერცხლის კომპოზიციური ჰიდროგელების შემდგომი მიღებისთვის.

ჩატარდა სისტემური ლიტერატურის მიმოხილვა ექსპერიმენტულად განმეორებადი და ტექნიკურად მარტივი მცენარეული ექსტრაქტებით ვერცხლის აღდგენის პროტოკოლების გამოსავლენად. მრავალ გამოქვეყნებულ მეთოდოლოგიაში არ იყო მოცემული კრიტიკული ექსპერიმენტული ინფორმაცია, მათ შორის ექსტრაქციის პირობები, რეაგენტების კონცენტრაციები, რეაქციის ტემპერატურა და ხანგრძლივობა, რაც მნიშვნელოვნად ზღუდავდა მათი ექსპერიმენტული განმეორებადობის შესაძლებლობას. შერჩევის კრიტერიუმები მოიცავდა მეთოდოლოგიური აღწერის საკმარის დეტალიზაციას, ექსტრაქციის მარტივ პროცედურებსა და მინიმალურ დამატებით დამუშავებას. ამ ანალიზის საფუძველზე შემდგომი ექსპერიმენტული შეფასებისთვის შეირჩა გვირილისა და დარიჩინის ექსტრაქტები.

ვერცხლის აღდგენა განხორციელდა AgNO_3 -ის წყალხსნარებში სხვადასხვა რეაქციული პირობების გამოყენებით და კონტროლდებოდა UV-Vis სპექტროსკოპიით. საცნობარო სისტემად გამოყენებულ იქნა ტრინატრიუმის ციტრატიტ განხორციელებული აღდგენა. ექსპერიმენტულმა შეფასებამ აჩვენა, რომ ვერცხლის ნანონაწილაკებისთვის დამახასიათებელი ზედაპირული პლაზმონური რეზონანსის (SPR) შთანთქმის ზოლის (ჩვეულებრივ 400–450 ნმ დიაპაზონში) წარმოქმნა და ინტენსივობა მნიშვნელოვნად იყო დამოკიდებული როგორც გამოყენებულ მცენარეულ ექსტრაქტზე, ისე რეაქციის პირობებზე. პროტოკოლის ოპტიმიზაციის შემდეგ გვირილის ექსტრაქტმა წარმოქმნა ყველაზე მკვეთრად გამოხატული SPR შთანთქმის ზოლი, მაშინ როდესაც დარიჩინის ექსტრაქტისთვის საჭირო გახდა პირობების დამატებითი ოპტიმიზაცია.

ადრე ჩატარებულმა კვლევებმა დაადასტურა დიფუზიურ-აღდგენითი მიდგომის გამოყენების შესაძლებლობა მცენარეული ექსტრაქტებით მიღებული ვერცხლის სისტემების რეგენერირებულ ცელულოზურ ჰიდროგელებში ინტეგრაციისთვის მწვანე ჩაისა და ალოეს ექსტრაქტების გამოყენებით. წინამდებარე კვლევამ აჩვენა, რომ მცენარეული ექსტრაქტებით ვერცხლის საიმედო აღდგენა მოითხოვს როგორც გამოქვეყნებული მეთოდოლოგიების კრიტიკულ შეფასებას, ისე თითოეული მცენარეული ექსტრაქტისთვის ექსპერიმენტულ ოპტიმიზაციას. მიღებული შედეგები საფუძველს ქმნის პერსპექტიული მცენარეული ექსტრაქტებისა და ვერცხლის აღდგენის ოპტიმიზებული პირობების შერჩევისთვის ცელულოზა/ვერცხლის

კომპოზიციური ჰიდროგელების შემდგომი მიღების, ფიზიკურ-ქიმიური დახასიათებისა და ანტიბაქტერიული თვისებების შეფასების მიზნით.

დაფინანსება: კვლევა განხორციელდა ბათუმის BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტის კვლევითი გრანტის MED-01-25 ფინანსური მხარდაჭერით.

Structural Gaps Between School Chemistry and Medical Biochemistry

ALEKSANDRA MIKHAILIDI

BAU International University Batumi, PhD, Professor

GIORGI TSKHVEDIANI

BAU International University Batumi, MSc, Program Director

KEYWORDS: medical biochemistry; chemistry education; curriculum mapping; gap analysis; school-to-university transition

Medical biochemistry relies on a broad range of prior knowledge acquired during secondary school chemistry education. International medical programmes increasingly enroll students from diverse educational systems, where the content and emphasis of chemistry curricula differ substantially. As a result, students may enter university with uneven preparation for fundamental biochemical concepts despite meeting formal admission requirements.

This study aimed to identify systematic gaps between secondary school chemistry curricula and the knowledge required for first-year medical biochemistry. Official chemistry high school curricula from four countries representing major groups of our international medical students were compared with biochemistry curricula from three Georgian medical universities employing different curriculum models. Curricula were decomposed into analytical units and classified into nine chemistry knowledge domains. Domain distributions were quantified and compared to identify areas where school preparation does not adequately support university-level biochemistry.

The analysis demonstrated substantial variation in the distribution and depth of chemistry topics across national curricula. While general chemistry concepts were consistently represented across school curricula, gap analysis identified recurring deficits in biomolecular chemistry, followed by selected aspects of physical and inorganic chemistry, relative to university biochemistry requirements. These gaps were systematic rather than institution-specific and remained evident across different medical curriculum designs. The findings indicate that equivalent completion of secondary school chemistry does not necessarily correspond to equivalent preparedness for medical biochemistry.

The results suggest that curriculum misalignment represents a structural educational challenge. Mapping prior knowledge against university expectations provides a practical

framework for identifying predictable learning gaps in biochemistry courses. Such information may support the development of targeted preparatory modules and personalized learning pathways adapted to students' educational backgrounds. In particular, AI-assisted diagnostic tools offer opportunities to automate knowledge-gap assessment and deliver individualized learning support. The curriculum mapping approach may also be transferable to other biomedical disciplines that depend on prior STEM preparation.

Funding: supported by the BAU International University Batumi Research Grant ED 01-25.

სტრუქტურული შეუსაბამობები სასკოლო ქიმიასა და სამედიცინო ბიოქიმიას შორის

აღესკანდრა მიხაილიძე

BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტი ბათუმი, PhD, პროფესორი

გიორგი ცხველიანი

BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტი ბათუმი, MSc, პროგრამის დირექტორი

საკვანძო სიტყვები: სამედიცინო ბიოქიმია; ქიმიის განათლება; სასწავლო პროგრამების რუკირება; შეუსაბამობების ანალიზი; სკოლიდან უნივერსიტეტში გადასვლა

სამედიცინო ბიოქიმია ეფუძნება საბაზისო ცოდნას, რომელსაც მოსწავლეები საშუალო სკოლის ქიმიის კურსის ფარგლებში იძენენ. საერთაშორისო სამედიცინო პროგრამებში სულ უფრო ხშირად სწავლობენ სტუდენტები სხვადასხვა საგანმანათლებლო სისტემიდან, სადაც ქიმიის სასწავლო პროგრამების შინაარსი და აქცენტები მნიშვნელოვნად განსხვავდება. შედეგად, სტუდენტები უნივერსიტეტში შეიძლება ჩააბარონ ბიოქიმიის ფუნდამენტური კონცეფციებისთვის არათანაბარი მომზადებით, მიუხედავად იმისა, რომ ფორმალურ მისაღებ მოთხოვნებს აკმაყოფილებენ.

კვლევის მიზანი იყო საშუალო სკოლის ქიმიის სასწავლო პროგრამებსა და პირველი კურსის სამედიცინო ბიოქიმიისთვის აუცილებელ ცოდნას შორის არსებული სისტემური შეუსაბამობების გამოვლენა. ოთხი ქვეყნის საშუალო სკოლის ქიმიის ოფიციალური სასწავლო პროგრამები, რომლებიც წარმოადგენენ ჩვენი საერთაშორისო სტუდენტების ძირითად ჯგუფებს, შედარდა საქართველოს სამი სამედიცინო უნივერსიტეტის ბიოქიმიის სასწავლო პროგრამებთან, რომლებიც განსხვავებულ სასწავლო გეგმებს იყენებენ. სასწავლო პროგრამები დაიშალა ანალიტიკურ ერთეულებად და კლასიფიცირდა ქიმიის ცოდნის ცხრა დომენის მიხედვით. დომენების განაწილება რაოდენობრივად შეფასდა და შედარდა, რათა გამოვლენილიყო ის სფეროები, სადაც სასკოლო მომზადება უნივერსიტეტის ბიოქიმიის მოთხოვნებს სათანადოდ ვერ უზრუნველყოფს.

ანალიზმა აჩვენა, რომ სხვადასხვა ქვეყნის სასწავლო პროგრამებს შორის ქიმიის თემების განაწილებასა და სიღრმეში მნიშვნელოვანი განსხვავებები არსებობს.

მიუხედავად იმისა, რომ ზოგადი ქიმიის საკითხები ყველა სასკოლო პროგრამაში თანმიმდევრულად იყო წარმოდგენილი, შეუსაბამობების ანალიზმა გამოავლინა სისტემურად განმეორებადი დეფიციტები ბიომოლეკულურ ქიმიაში, აგრეთვე ფიზიკური და არაორგანული ქიმიის ცალკეულ მიმართულებებში, უნივერსიტეტის ბიოქიმიის მოთხოვნებთან შედარებით. აღნიშნული შეუსაბამობები სისტემურ ხასიათს ატარებდა და არ იყო დამოკიდებული კონკრეტულ უნივერსიტეტზე ან სასწავლო პროგრამის მოდელზე. მიღებული შედეგები მიუთითებს, რომ საშუალო სკოლის ქიმიის კურსის ეკვივალენტური დასრულება ყოველთვის არ ნიშნავს სამედიცინო ბიოქიმიისთვის ეკვივალენტურ მზადყოფნას.

კვლევის შედეგები მიუთითებს, რომ სასწავლო პროგრამებს შორის შეუსაბამობა წარმოადგენს განათლების სისტემის სტრუქტურულ გამოწვევას. წინარე ცოდნის უნივერსიტეტის მოთხოვნებთან შესაბამისობის რუკირება ქმნის პრაქტიკულ ჩარჩოს ბიოქიმიის კურსებში მოსალოდნელი ცოდნის ხარვეზების იდენტიფიცირებისთვის. მიღებული ინფორმაცია შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მიზნობრივი მოსამზადებელი მოდულებისა და სტუდენტების საგანმანათლებლო გამოცდილებაზე მორგებული ინდივიდუალური სასწავლო ტრაექტორიების შესაქმნელად. განსაკუთრებით პერსპექტიულია ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული დიაგნოსტიკური ინსტრუმენტების გამოყენება, რომლებიც ცოდნის ხარვეზების შეფასებისა და ინდივიდუალური სასწავლო მხარდაჭერის ავტომატიზაციის შესაძლებლობას იძლევა. ეს მიდგომა ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვა ბიოსამედიცინო დისციპლინებში, რომლებიც ეფუძნება წინარე STEM მომზადებას.

დაფინანსება: კვლევა განხორციელდა ბათუმის BAU საერთაშორისო უნივერსიტეტის კვლევითი გრანტის (ED 01-25) ფინანსური მხარდაჭერით

Sustainable Cellulose Hydrogels as Soil Amendments and Soilless Substrates

ALEKSANDRA MIKHAILIDI

BAU International University Batumi, PhD, Professor

KEYWORDS: cellulose hydrogel; waste paper; soil amendment; soilless cultivation; sustainable agriculture

Cellulose-based hydrogels have attracted attention as sustainable alternatives to synthetic superabsorbent polymers for agricultural applications because of their renewable origin, biodegradability, and favorable water-retention properties. When incorporated into soil, hydrogels improve water availability, soil structure and may also serve as carriers for fertilizers and agrochemicals. This study aimed to develop cellulose hydrogels from waste paper and evaluate physicochemical properties and agricultural performance in comparison with a commercial polyacrylate hydrogel.

Cellulose hydrogels were prepared by dissolving waste paper fibers in a DMAc/LiCl solvent system followed by regeneration in water. Their physicochemical properties were characterized by equilibrium water capacity, drying behavior, morphology, mechanical stability, soil biodegradation, and sorption of mineral fertilizer components. Agricultural performance was evaluated under laboratory conditions using mustard, pea, and basil cultivated in hydrogel-amended soil or directly on hydrogel substrates. A commercial polyacrylate hydrogel was investigated as a reference material.

The regenerated cellulose hydrogels formed porous materials with high water-retention capacity, mechanical stability, gradual water release, and the ability to sorb and partially release components of complex mineral fertilizers. In laboratory cultivation experiments, cellulose hydrogels improved water availability during soil drying, promoted seed germination and biomass accumulation, and maintained plant survival under limited irrigation. In addition, waste paper-derived cellulose hydrogels successfully functioned as mechanically stable substrates for soilless cultivation, supporting seed germination and plant growth without soil. In contrast, the commercial polyacrylate hydrogel lacked structural stability for this application despite its high water absorption capacity.

The results demonstrate that cellulose hydrogels produced from waste paper combine physicochemical properties with agricultural performance comparable to that of a commercial synthetic hydrogel while offering advantages, including biodegradability, renewable origin, and suitability for soil amendment and soilless cultivation. These findings highlight the potential of waste paper valorization for the development of sustainable functional materials for agriculture. The study was limited to laboratory cultivation of short-cycle crops, and further investigation is required to evaluate the long-term performance of cellulose hydrogels for plants with extended vegetation periods.

მდგრადი ცელულოზური ჰიდროგელები ნიადაგის კონდიციონერებად და უნიადაგო სუბსტრატებად

აღკვეთილი მიხაილიძე

BAU საეკოლოგიური უნივერსიტეტი ბათუმი, PhD, პროფესორი

საკვანძო სიტყვები: ცელულოზური ჰიდროგელი; მაკულატურა;
ნიადაგის კონდიციონერი; უნიადაგო კულტივირება;
მდგრადი სოფლის მეურნეობა

ცელულოზზე დაფუძნებული ჰიდროგელები სულ უფრო მეტ ყურადღებას იპყრობს, როგორც სინთეზური სუპერშთანმთქმელი პოლიმერების მდგრადი ალტერნატივა სოფლის მეურნეობაში, მათი განახლებადი წარმოშობის, ბიოდეგრადირებადობისა და წყლის შეკავების ხელსაყრელი თვისებების გამო. ნიადაგში შეტანისას ჰიდროგელები აუმჯობესებს წყლის ხელმისაწვდომობასა და ნიადაგის სტრუქტურას, ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სასუქებისა და სხვა აგროქიმიკატების მატარებლებად. კვლევის მიზანი იყო მაკულატურის საფუძველზე ცე-

ლულოზური ჰიდროგელების მიღება და მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა და აგრონომიული ეფექტურობის შეფასება კომერციულ პოლიაკრილატულ ჰიდროგელთან შედარებით.

ცელულოზური ჰიდროგელები მიღებულ იქნა მაკულატურის ბოჭკოების DMAc/LiCl გამხსნელ სისტემაში გახსნით და შემდგომი რეგენერაციით წყალში. მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები შეფასდა წონასწორული წყლის შთანთქმის უნარის, გაშრობის ქცევის, მორფოლოგიის, მექანიკური სტაბილურობის, ნიადაგში ბიოდეგრადაციისა და კომპლექსური მინერალური სასუქების კომპონენტების სორბციის მიხედვით. აგრონომიული ეფექტურობა შეფასდა ლაბორატორიულ პირობებში მდოგვის, ბარდისა და ბაზილიკის კულტივირებისას, როგორც ჰიდროგელით მოდიფიცირებულ ნიადაგში, ისე უშუალოდ ჰიდროგელის სუბსტრატებზე. შედარებისთვის გამოყენებულ იქნა კომერციული პოლიაკრილატული ჰიდროგელი.

რეგენერირებულმა ცელულოზურმა ჰიდროგელებმა წარმოქმნა ფოროვანი მონოლითური მასალები, რომლებიც გამოირჩეოდა წყლის შეკავების მაღალი უნარით, მექანიკური სტაბილურობით, წყლის თანდათანობითი გამოყოფით და კომპლექსური მინერალური სასუქების კომპონენტების სორბციისა და ნაწილობრივი დესორბციის უნარით. ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებულმა მცენარეთა კულტივირების ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ ცელულოზურმა ჰიდროგელებმა გააუმჯობესა წყლის ხელმისაწვდომობა ნიადაგის გამოშრობისას, ხელი შეუწყო თესლის გაღივებასა და ბიომასის დაგროვებას და უზრუნველყო მცენარეთა სიცოცხლისუნარიანობის შენარჩუნება შეზღუდული მორწყვის პირობებში. გარდა ამისა, მაკულატურის საფუძველზე მიღებული ცელულოზური ჰიდროგელები წარმატებით გამოიყენებოდა, როგორც მექანიკურად სტაბილური უნიადაგო სუბსტრატები, რომლებიც უზრუნველყოფდა თესლის გაღივებასა და მცენარეთა ზრდას ნიადაგის გარეშე. ამის საპირისპიროდ, კომერციულ პოლიაკრილატულ ჰიდროგელს, მიუხედავად წყლის შთანთქმის მაღალი უნარისა, არ გააჩნდა აღნიშნული გამოყენებისთვის საკმარისი სტრუქტურული სტაბილურობა.

მიღებული შედეგები აჩვენებს, რომ მაკულატურის საფუძველზე მიღებული ცელულოზური ჰიდროგელები აერთიანებს ხელსაყრელ ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებსა და კომერციულ სინთეზურ ჰიდროგელებთან შედარებად აგრონომიულ ეფექტურობას, ამასთანავე ფლობს დამატებით უპირატესობებს, მათ შორის ბიოდეგრადირებადობას, განახლებად წარმოშობას და ვარგისიანობას როგორც ნიადაგის კონდიციონერებად, ისე უნიადაგო კულტივირების სუბსტრატებად. მიღებული შედეგები ადასტურებს მაკულატურის ღირებულ პროდუქტად გარდაქმნის მნიშვნელოვან პოტენციალს მდგრადი სოფლის მეურნეობისთვის განკუთვნილი ფუნქციური მასალების შესაქმნელად. წინამდებარე კვლევა შემოიფარგლა მოკლე სავეგეტაციო პერიოდის მქონე კულტურების ლაბორატორიული კვლევით, ამიტომ საჭიროა დამატებითი კვლევები ცელულოზური ჰიდროგელების გრძელვადიანი ეფექტურობის შესაფასებლად უფრო ხანგრძლივი სავეგეტაციო პერიოდის მქონე მცენარეებისთვის.

From Anthraquinone Chemistry to Biotechnology: Design, Functionalization, and Emerging Biomedical Applications

TUNC CATAL

*Department of Molecular Biology and Genetics, Biruni University, 34015,
Zeyinburnu, Istanbul, Türkiye
Biruni Advanced Technology Application and Research Center (BAMER), Advanced
Molecular Systems and Biotechnology Laboratory, Biruni University, 34015,
Zeyinburnu, Istanbul, Türkiye
E-mail: tcatal@biruni.edu.tr*

Anthraquinone-based compounds have attracted considerable attention owing to their diverse physicochemical characteristics and broad potential in biotechnology and biomedical sciences. This keynote presentation provides an overview of our recent research on the design, synthesis, characterization, and application of functional anthraquinone derivatives developed for analytical, biological, and biomedical purposes. The presented studies demonstrate how structural modification of the anthraquinone scaffold can generate molecules with distinct functional properties suitable for tissue imaging, chemiluminescent systems, enzyme modulation, and cellular applications. Particular emphasis is placed on the relationship between molecular structure and biological performance, highlighting how rational molecular design contributes to the development of multifunctional compounds with improved analytical sensitivity and biological activity. The integration of synthetic chemistry with spectroscopic characterization, computational analyses, biochemical assays, and cell-based experiments has provided valuable insights into the potential of anthraquinone derivatives as versatile molecular platforms. These investigations illustrate the expanding role of functional small molecules in addressing current challenges in diagnostics, bioanalysis, and biomedical research. Finally, future perspectives on the development of next-generation anthraquinone-based materials for sensing, imaging, and therapeutic applications will be discussed, emphasizing interdisciplinary approaches that combine chemistry, molecular biology, and biotechnology.

Therapeutic Potential of Black Sea Brine in Peripheral Nerve Disorders

LILIYA PANAYOTOVA-OVCHAROVA¹, DETELINA NEDYALKOVA-PETKOVA¹,
EVGENIYA VLADAVA¹, MARIYA IVANOVA²,
PETAR PETKOV³, GEORGI BOSHEV⁴

¹ Department of Physiotherapy, Rehabilitation and Thalassotherapy, Medical University of Varna; Clinic of Physiotherapy and Rehabilitation, University Hospital "St. Marina" – Varna, Bulgaria; L.Panayotova@mu-varna.bg;

² Faculty of Pharmacy, Medical University of Varna, Bulgaria;

³ Department of Orthopaedics and Traumatology, Medical University of Varna, Bulgaria;

⁴ Department of Neurosurgery and ENT, Medical University of Varna, Bulgaria;

KEYWORDS: Black Sea brine; peripheral neuropathy; balneotherapy; iontophoresis; rehabilitation medicine

Peripheral nerve disorders and polyneuropathies represent a significant clinical challenge due to chronic pain, sensory impairment, motor dysfunction, and reduced quality of life. Current therapeutic approaches are often limited to symptomatic management and rehabilitation strategies aimed at improving functional recovery and reducing disability.

Black Sea brine, traditionally used in Bulgarian balneological and rehabilitation practice, is a highly mineralized natural product rich in magnesium, chloride, sulfate, calcium, potassium, and biologically active trace elements. Owing to its physicochemical properties, Black Sea brine has been applied in physical medicine and rehabilitation through baths, compresses, local applications, and iontophoresis procedures.

The present work explores the therapeutic potential of Black Sea brine in peripheral nerve disorders from both clinical and translational perspectives. The proposed mechanisms of action include improvement of microcirculation, modulation of inflammatory processes, reduction of muscle spasm, enhancement of neuromuscular function, and support of peripheral nerve recovery. Particular attention is directed toward the role of magnesium-rich mineral environments in neuromodulation and neurorehabilitation.

Clinical observations from rehabilitation practice at the Clinic of Physiotherapy and Rehabilitation, University Hospital "St. Marina" – Varna, affiliated with the Medical University of Varna, indicate favorable effects of Black Sea brine-based procedures in patients with peripheral neuropathies and chronic peripheral nerve dysfunction. Therapeutic protocols include balneotherapy, compress therapy, and iontophoresis with Black Sea brine as part of comprehensive rehabilitation programs. Improvements have been observed in pain intensity, functional status, patient-reported quality of life, and electrophysiological parameters during rehabilitation follow-up.

Despite encouraging regional clinical experience and growing scientific interest in nat-

ural therapeutic resources, high-quality controlled clinical studies remain limited. Further translational and clinical research is needed to establish standardized treatment protocols, clarify mechanisms of action, and evaluate long-term therapeutic efficacy in peripheral nerve disorders.

Integrated Design and Discovery of Isoxazole, Indole-Acrylamide, and Pyrazole Scaffolds as Selective COX-2 Inhibitors and Dual-Action Anticancer Agents: A Molecular Modeling Guided Approach

MOHAMMED HAWASH^{1*}, MURAD ABU-ALHASAN¹,

SULTAN NACAK BAYTAS², PAULINA MARIA DOMINIAK³

¹Department of Pharmaceutical Chemistry and Technology, Faculty of Pharmacy, AnNajah National University, Nablus 00433, Palestine

²Department of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Gazi University, Ankara 06330, Turkey

³Biological and Chemical Research Centre, Faculty of Chemistry, University of Warsaw, ul. Zwirki i Wigury 101, 02-089 Warsaw, Poland

* E-mail: mohawash@najah.edu

KEYWORDS: COX2; Cancer; MicroED; Synthesis; Molecular docking

Cyclooxygenase-2 (COX-2) is a critical enzyme that bridges chronic inflammation and carcinogenesis. Selective inhibition of COX-2 remains a premier strategy for developing safer anti-inflammatory drugs and potent chemopreventive agents. This study merges findings from three distinct series of novel heterocyclic derivatives: isoxazole-carboxamides, indole-acrylamides, and trifluoromethyl-pyrazole-carboxamides. Using molecular modeling as a framework, we rationalized binding orientations and chemical reactivity. Advanced structural characterization was achieved via Microcrystal Electron Diffraction (MicroED) to confirm 3D atomic connectivity. High-potency leads were identified across all scaffolds. The isoxazole analog MYM4 exhibited selective COX-2 inhibition ($IC_{50} = 0.247 \mu M$) and disrupted 3D HeLa/Hep3B tumor spheroid formation. The indole-acrylamide 6a demonstrated nanomolar potency ($IC_{50} = 128 \mu M$) with an exceptional selectivity index (SI) of 352. Trifluoromethyl-pyrazole derivatives (e.g., 3g) showed strong selectivity (SI = 1.68) and favorable ADMET profiles. Molecular docking confirmed that these leads optimally occupy the COX-2 secondary binding pocket, forming key interactions with Arg513 and His90.

The synergy between computational modeling and structural validation (MicroED) allowed for the precise optimization of heterocyclic scaffolds. These leads represent promising candidates for clinical translation in the treatment of inflammation-driven malignancies.

Characterization of Volatile Compounds and Evaluation of Antibacterial, Antifungal, and Cytotoxic Properties of *Stachys palaestina* from Palestine

NIDAL JARADAT

Department of Pharmaceutical Chemistry and Technology, Faculty of Pharmacy, AnNajah National University, Nablus 00433, Palestine

KEYWORDS: Antibacterial; Antifungal; cancer; *Stachys palaestina*; Palestine

Traditional medicine uses various *Stachys* species to enhance athletes' performance and treat injuries, tumors, asthma, skin inflammations, stress, and gastrointestinal disorders. The present study's purpose was to identify *Stachys palaestina* volatile oil (VO) components and assess its antimicrobial and cytotoxic properties. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analyses identified 26 compounds representing 100% of the total oil. Limonene (30.33%), α -pinene (22.32%), and neryl acetate (13.73%) were the major oil components and comprised of hydrocarbon monoterpene (69.83%) and oxygenated monoterpene (28.54%). The VO exhibited moderate cytotoxic effects on the tested tumor cell lines, while demonstrating no harmful effects on normal LX-2 cells. Furthermore, it effectively suppressed the growth of CaCo-2, HeLa, MCF-7, HepG2, Hep3B, B16F1, and LX-2 cells by 99.19%, 99.27%, 99.13%, 99.74%, 95.32%, 99.22%, and 99.46%, respectively. Moreover, the VO demonstrated a potent effect against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) (MIC=0.33 $\pm$ 0.1 μ L/mL) and showed effective antimicrobial activity against *Proteus vulgaris* (MIC=10 $\pm$ 3.6 μ L/mL). Interestingly, the VO showed a MIC value of 0.2 μ L/mL against the *Candida albicans* isolate. In conclusion, the extracted VO showed mild cytotoxic effects, promising antibacterial and antifungal effects, especially against MRSA, *P. vulgaris*, and *C. albicans*. Further, in vivo research and clinical trials are needed to validate the safety and efficacy of *S. palaestina* VO for potential therapeutic applications and to develop practical applications in medicine and healthcare.

A High-Performance Liquid Chromatography Method for Simultaneous Analysis of Naringin, Ascorbic Acid, and Caffeine: Design, Development, and Validation

MURAD ABUALHASAN¹, MOHAMMAD MOUSA¹, HITAF IZHIMAN¹,

MALAK ALKHATIB¹, IBAA AGHBAR¹

¹Department of Pharmaceutical Chemistry and Technology, Faculty of Pharmacy,
AnNajah National University, Nablus 00433, Palestine

KEYWORDS: HPLC; ascorbic acid; caffeine; naringin; Validation

The simultaneous quantification of ascorbic acid, caffeine, and naringin is of significant interest due to their potential therapeutic applications, particularly in the prevention and management of colorectal cancer. While numerous HPLC methods exist for the individual determination of each compound, our method stands out for its reliability in addressing all three compounds in a single analytical run. This study aimed to develop and validate a robust reverse-phase HPLC method for the simultaneous analysis of these compounds in accordance with ICH Q2(R1) and USP guidelines. A robust reverse-phase high-performance liquid chromatography (RP-HPLC) method was developed and validated for the simultaneous determination of ascorbic acid, caffeine, and naringin in the concentration range of 7.813–125 µg/mL. Chromatographic separation was achieved on a Symmetry Shield RP-18 column (250 × 4.6 mm, 5 µm) using an isocratic mobile phase of 75% phosphate buffer (pH 3.5) and 25% acetonitrile at a flow rate of 1 mL/min, with detection at 220 nm. Method validation confirmed specificity, selectivity, and excellent linearity ($R^2 \geq 0.9981$). Precision testing showed RSD% values well below 2% for both intraday and interday analyses. Accuracy studies demonstrated mean recoveries within the range of 98%–102% (ascorbic acid: 100.05%, caffeine: 100.33%, and naringin: 100.47%). Robustness testing indicated that small deliberate changes in the flow rate and pH had no significant effect on retention times ($RSD\% \leq 0.71\%$). System suitability parameters, including tailing factor (≤ 1.38), theoretical plates (> 2000), and resolution (> 3.2), met the acceptance criteria. The developed method is reliable, reproducible, and suitable for routine quality control applications that require the synchronized quantification of these three bioactive compounds.

Hydrochemical Characterization and Balneological Potential of Thermal and Mineral Waters from the Masalli Region of Azerbaijan

ELCHIN ALIYEV*, SHAMSIYA QARAYEVA, AYTAJ KAZIMOVA
Azerbaijan State Water Resources Agency, Central Laboratory
**elchin.aliyev@aqm.az*

KEYWORDS: thermal waters; Masalli; hydrochemistry; trace metals; balneology

The Masalli region of southern Azerbaijan is characterized by diverse hydrothermal resources that have long been associated with recreational and therapeutic applications. This study presents the hydrochemical characterization of several mineral and thermal water sources located in the Masalli district, including the Arkivan, Turkoba, Rudakenar, Qoma, and Mammadoba areas. The objective of the research was to evaluate the physicochemical composition, mineralization level, trace metal content, and balneological suitability of these waters for potential medical, recreational, and environmental applications.

Water samples were analyzed according to internationally recognized analytical standards, including EPA, ASTM, ISO, and Standard Methods protocols. The investigated parameters included temperature, total dissolved solids (TDS), major cations and anions, hydrogen sulfide, bicarbonates, sulfates, chlorides, sodium, calcium, magnesium, boron, bromide, fluoride, and selected trace metals.

The results demonstrated significant hydrochemical variability among the studied springs. Water temperatures ranged from 11°C to 30°C, indicating the presence of both cold mineral waters and weakly thermal waters. Several sources exhibited elevated mineralization levels, with total dissolved solids reaching up to 10,800 mg/L. Sodium and chloride concentrations were particularly high in selected thermal springs, where sodium exceeded 3,800 mg/L and chloride surpassed 6,000 mg/L. Hydrogen sulfide concentrations ranged between approximately 9.7 and 11.4 mg/L, confirming the sulfur-rich nature of several springs and supporting their traditional therapeutic use. Elevated calcium and bicarbonate contents in some waters indicate favorable characteristics for balneological and rehabilitation purposes.

Trace metal analysis revealed generally low concentrations of potentially toxic elements, indicating acceptable hydrochemical quality of the investigated waters. Iron and manganese were detected in moderate amounts in several samples, reflecting natural water-rock interaction processes typical for geothermal systems. Trace quantities of elements such as lithium, boron, and strontium were also identified, which may contribute to the therapeutic properties of the mineral waters. The concentrations of heavy metals remained below internationally accepted guideline values for mineral and therapeutic waters, suggesting that the studied springs are environmentally safe for controlled

recreational and balneological use.

The hydrochemical profiles suggest that the Masalli thermal waters belong predominantly to sodium-chloride and sulfide-containing hydrochemical types. Their mineral composition demonstrates potential for application in balneology, rehabilitation medicine, wellness tourism, and therapeutic spa development. In addition, the obtained data contribute to the sustainable assessment and management of regional groundwater resources.

The study highlights the importance of continued multidisciplinary investigation of Azerbaijan's thermal water resources in the context of public health, environmental chemistry, and resort medicine.

Therapeutic potential of natural mineral waters

MATANAT AFANDIYEVA

Doctor of Medical Sciences

*Expert of the Supreme Attestation Commission Under the President
of the Republic of Azerbaijan*

KEYWORDS: mineral water; balneotherapy; diseases of gastrointestinal tract

Increased number of diseases, especially growth of particular weight of severe forms of diseases creates the necessity of pharmacological substances' wider use.

Despite achievements of pharmacotherapy, modern medicines may also cause side-effects. Increase in liver, kidney and intestinal tract morbidity rate resulting from taking medication is a matter of big concern.

Use of non-medicine treatment methods as monotherapy or their implementation into a complex therapy allows decrease of medicine load impact on human body.

Balneotherapy is considered as one of such methods. The mainstay of balneotherapy is an external and internal use of mineral waters. Medical mineral waters are characterized either by high content of mineral and organic compounds and gases or by special physical properties (radioactivity, pH, temperature and etc.). Mineral waters are used externally as general and local baths, spinal traction in water, swimming in a pool.

Internal use of mineral water is an integral part of balneotherapy (drinking, gastric lavage, duodenal drainage, intestinal lavage).

Natural mineral waters have been purposefully studied and are sustainably used in practice. Nowadays, drinking mineral waters are effectively used for treatment of diseases of diseases of gastrointestinal tract, kidneys, diabetes mellitus.

Pathogenetic justification of mineral water drinking course of various content used as monotherapy in treatment of chronic gastritis, peptic ulcer and 12 duodenal ulcer in remission, non-erosive reflux disease, functional diseases of gastrointestinal tract, as well as in complex health resort treatment of diabetes mellitus, metabolic disorders is proved.

Depending on mineralization degree, drinking mineral waters affect production of gastrointestinal and pancreatic hormones, functional state of gall bladder, indicators of lipid and carbohydrate metabolism.

Course reception of mineral waters may be used in health resort conditions, in medical rehabilitation as well as for prophylactic purposes and in wellness programs.

Natural Therapeutic Mineral Waters of Karabakh

RENA MUSAYEVA

*Baku State University, Scientific Research Institute of Medical Rehabilitation,
Higher Education Graduate, PhD in Chemistry, Head of Department*

GULAR ALIYEVA

*Azerbaijan State Oil and Industry University, Scientific Research Institute of Medical
Rehabilitation, Higher Education Graduate, Junior Researcher*

KEYWORDS: Great Return Program; Karabakh; mineral waters; Istisu; Turshsu; balneology; therapeutic resources

Karabakh is one of the regions of Azerbaijan rich in natural resources and is also abundant in natural mineral water reserves distinguished by their therapeutic properties. The region's complex geological structure, volcanic rock formations, mountainous terrain, and favorable climatic conditions have created suitable conditions for the formation of mineral waters with diverse chemical compositions. For centuries, the mineral waters of Karabakh have been widely used in folk medicine and balneological treatments and have been regarded as valuable natural therapeutic resources for human health.

The mineral springs located in Karabakh, including Upper Istisu, Lower Istisu, Baghirsag, Turshsu, Shirilan, Tutgun, and others, differ both in their chemical composition and therapeutic characteristics. These waters are rich in bicarbonate, sulfate, magnesium, sodium, and calcium ions. According to scientific studies, these mineral waters are widely used in the treatment of diseases of the digestive system, liver and biliary tract disorders, metabolic dysfunctions, nervous system diseases, gynecological conditions, skin diseases, and musculoskeletal disorders.

One of the main advantages of Karabakh's mineral waters is their high ecological purity. The location of these mineral springs in mountainous areas far from industrial pollution allows them to preserve their natural properties and biological activity. In addition, the region's clean air, rich flora and fauna, favorable climate, and natural landscapes have a positive effect on the health of people undergoing treatment. These factors create significant potential for Karabakh to become one of the internationally important centers of balneological treatment and health tourism in the future.

Currently, within the framework of the reconstruction and restoration activities carried

out in the Karabakh region, important steps are being taken to revive the region's ancient therapeutic and balneological traditions. Historically, Karabakh was recognized as a sanatorium-resort area, and mineral springs such as Istisu and Turshsu were widely used for therapeutic purposes. Today, as a result of state-level initiatives, significant projects are being implemented to restore the operation of these treatment centers and to establish modern health and tourism complexes that meet contemporary standards.

Within the framework of the "Great Return Program," alongside the restoration of infrastructure, construction of new roads, and development of energy and communication systems in the region, the reconstruction of mineral water deposits and sanatorium complexes is also considered one of the priority directions. These measures create broad opportunities for Karabakh to become not only historically but also presently one of Azerbaijan's major centers of medical and health tourism. The scientific study and efficient utilization of mineral water resources are of great importance both for public health and for the economic development of the region. Therefore, the protection and international promotion of Karabakh's natural therapeutic mineral waters remain among the most pressing contemporary issues.

Persistently Elevated Vitamin B12: A Missed Diagnostic Opportunity?

NAMEERA PARVEEN SHAIKH^{1,2}, ALEENA PARVEEN SHAIKH²,

TAMAR PESHKOVA², IRINA NAKASHIDZE²

¹ School of Occupational and Public Health,
Toronto Metropolitan University, ON, Canada.

² Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University, Georgia.

Keywords: Vitamin B12; Hypercobalaminemia; Gastrointestinal Stromal Tumour; Cancer Biomarker; Diagnostic Challenge

Background: Vitamin B12 testing is primarily performed to identify deficiency; however, persistently elevated serum vitamin B12 levels in patients not receiving supplementation are uncommon and may indicate underlying pathology. Emerging evidence suggests that unexplained hypercobalaminemia is associated with solid and hematological malignancies, although its diagnostic significance remains underrecognized. This study describes a patient with persistently elevated vitamin B12 levels that led to the diagnosis of a gastrointestinal stromal tumour (GIST).

Methods: We conducted a retrospective analysis of the clinical records of a 71-year-old female presenting with persistently elevated serum vitamin B12 levels (19,717 pg/mL;

reference range: 173–700 pg/mL) despite no history of vitamin B12 supplementation. Clinical assessment, laboratory investigations, imaging, endoscopic findings, histopathology, treatment, and follow-up data were reviewed. Relevant literature was examined to place the findings within the context of current evidence.

Results: The patient had a history of type 2 diabetes, autoimmune thyroid disease, and mild iron deficiency anemia. Gastroenterological evaluation identified a gastrointestinal stromal tumour (GIST), confirmed by positive immunohistochemical staining for CD117, CD34, and CD56. Following tumour resection and partial gastrectomy, vitamin B12 abnormalities persisted alongside hyperhomocysteinemia, despite normal liver and kidney function. The patient subsequently received adjuvant imatinib therapy. Current literature demonstrates that persistent hypercobalaminemia is associated with an increased risk of several solid malignancies and may reflect tumour-related alterations in vitamin B12 transport proteins or metabolism.

Conclusion: Persistent elevation of serum vitamin B12 in the absence of supplementation should not be dismissed as an incidental laboratory finding. This case highlights the importance of considering occult malignancy in the differential diagnosis of unexplained hypercobalaminemia and supports further investigation into vitamin B12 as a potential biomarker for earlier cancer detection.

Vitamin D Status in Diabetes Mellitus: Emerging Evidence on Glucose Homeostasis, Insulin Resistance, and Clinical Implications

AHISHTAN FEBRIAN NISHANTHAN

*Batumi Shota Rustaveli State University, Faculty of Natural Sciences and Healthcare, “Medical Doctor” Program Student;
E-mail: ahishtanfebrian@gmail.com*

ABESHANA FEBRIAN NISHANTHAN

*Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine,
“Medical Doctor” Program Graduate;
E-mail: dr.abeshanafebrian@gmail.com*

DR. RUSUDAN VADATCHKORIA

*Associate Professor, Batumi Shota Rustaveli State University,
Faculty of Natural Sciences and Health Care
E-mail: rusudanvadatchkoria@gmail.com*

DR. IRINA NAKASHIDZE

*Associate Professor, Batumi Shota Rustaveli State University,
Faculty of Natural Sciences and Healthcare,
E-mail: irina.nakashidze@bsu.edu.ge*

DR. TAMAR PESHKOVA

*Associate Professor, Batumi Shota Rustaveli State University,
Faculty of Natural Sciences and Healthcare,
E-mail: tamar.peshkova@bsu.edu.ge*

KEYWORDS: Diabetes Mellitus; Vitamin D deficiency; pleiotropic effects; VDR polymorphisms; Glucose homeostasis

Diabetes mellitus and vitamin D deficiency are two rising and converging global health challenges with increasingly recognized shared pathophysiological pathways. Beyond its physiological role in calcium and phosphate homeostasis, Vitamin D exerts pleiotropic effects on glucose metabolism, insulin signaling and immune regulation with the help of the Vitamin D receptor (VDR), expressed in pancreatic β -cells, skeletal muscle, adipose tissue, and immune cells.

Objective: Synthesize the current mechanistic, observational, and interventional evidence on the relationship between vitamin D status and both type 1 (T1DM) and type 2 diabetes mellitus (T2DM).

Methodology: A clinical comparative analysis was conducted involving 20 participants: 10 individuals diagnosed with diabetes mellitus and 10 with no diabetes mellitus. Serum 25-hydroxyvitamin D levels, fasting blood glucose, HbA1c, and insulin sensitivity indices were assessed and compared within groups. Findings were interpreted alongside a structured literature review of mechanistic, observational, and interventional studies.

Results and Discussion: 1, 25(OH)₂D₃ enhances glucose stimulated insulin secretion through voltage-gated L-type calcium channels and calbindin-D28k, which upregulates the insulin receptor and GLUT-4 expression, and promotes regulatory T-cell tolerance that is importantly relevant to Type 1 Diabetes Mellitus autoimmunity. Observational data consistently demonstrates an inverse relationship between serum 25(OH)D and risk of Diabetes; VDR polymorphisms (FokI, BsmI, ApaI TaqI) further exacerbate T1DM susceptibility. Interventional evidence from larger randomized trials indicates a significant reduction in progression from prediabetes to type 2 diabetes mellitus with consistent Vitamin D supplementation, with vast improvement seen among vitamin D-deficient, obese, or poorly controlled individuals.

Conclusion: Vitamin D status in Diabetes Mellitus patients is a clinically meaningful, measurable, and modifiable determinant of glucose homeostasis and diabetes risk. Routine vitamin D assessment and supplementation represent a low-cost, evidence-based adjunct to standard diabetes management.

Micronuclei and Other Nuclear Anomalies in Urothelial Cells of Patients with Type 1 Diabetes Mellitus

GOHAR PARSADANYAN¹, GAYANE ZALINYAN², ELENA AGAJANOVA^{1,3},

LUSINE ARAQELYAN^{1,3}, ANI GEVORGYAN², ARMEN NERSESYAN⁴

¹Medical University after Mhitar Heratsi, Yerevan, Armenia

²Yerevan State University, Yerevan, Armenia

³Center of Endocrinology “Muratsan” MC, Yerevan, Armenia

⁴Center for Cancer Research, Medical University of Vienna, Vienna, Austria

KEYWORDS: Micronucleus; Nuclear anomalies; Buccal mucosa; Diabetes mellitus; Urothelial cells

Chronic hyperglycemia in type 1 diabetes mellitus (T1DM) is associated with oxidative stress and genomic instability. Although increased micronucleus (MN) frequencies have been reported in lymphocytes and buccal epithelial cells of diabetic patients, data on urothelial epithelial cells remain scarce.

This study evaluated MN frequency and other nuclear anomalies in urothelial cells of women with T1DM. Twenty women with T1DM and 22 healthy female controls were included. Second-void urine samples were collected, and cell suspensions were prepared and dropped onto microscope slides. Cells were then fixed and stained using the Feulgen method. MN and other nuclear anomalies were scored according to the established MN cytome assay criteria. One thousand cells were scored per subject.

Patients with T1DM had significantly fewer analyzable cells than controls ($p < 0.01$) and exhibited higher frequencies of several nuclear anomalies. Nuclear buds were significantly increased (3.2-fold), and condensed chromatin, karyorrhexis, and karyolysis were also elevated, indicating increased cytotoxicity. However, the frequencies of MN and binucleated cells showed only modest, non-significant increases. The frequency of basal cells in patients did not differ from that of healthy controls.

Urothelial cells from women with T1DM exhibit increased nuclear abnormalities, suggesting elevated genomic instability and cytotoxic stress. The urothelial MN cytome assay may therefore serve as a useful non-invasive biomonitoring tool in diabetes.

The study was supported by the Science Committee of Republic Armenia, in the frames of the research project № 21T-3A319.

გარდამავადი რეცეპტორული პოტენციური არხები ტკივილისა და ქავილის შეგრძნებისას

მერაბ ცაგარელი, მაია ცაგარელი

ივანე ბეჩიგაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრი, თბილისი, საქართველო

საკვანძო სიტყვები: ალგეზია; ალოდინია; ჰიპერალგეზია; ნოციცეპტია; პრურიტოცეპტია

ტკივილი და ქავილი წარმოადგენენ განსხვავებულ, რთულსა და უსიამოვნო შეგრძნებებს, რომლებიც მიუთითებენ ქსოვილების რეალურ ან პოტენციურ დაზიანებაზე. მიუხედავად იმისა, რომ ორივე გულისხმობს ნეირონული წრეების აქტივაციას, მათი ფიზიოლოგიური მექანიზმები განსხვავებულია: ტკივილი აუცილებელი საგანგაშო სიგნალია, რომელიც იწვევს დამცავ რეაქციებს, მაშინ როდესაც ქავილი ძირითადად იწვევს ფხანის სურვილს. ამ შემთხვევაში განიხილება ძირითადად ორი, ჰისტამინერგული და არაჰისტამინერგული ქავილი. პერიფერიულ რეცეპტორებზე მიმართული მტკივნეული ან ქავილის გამომწვევი სტიმულაცია იწვევს ნოციცეპტური სიგნალიზაციის კასკადს აღმავალი სომატოსენსორული გზებით, რაც კულმინაციას აღწევს თავის ტვინში საბოლოო გააზრებისთვის, რაც გამოიხატება სტიმულის ლოკალიზაციაში, ინტერპრეტაციაში, მოდულირებასა და მასზე სათანადო რეაგირებაში.

ტრანზიტორული (გარდამავალი) რეცეპტორული პოტენციალის (Transient Receptor Potential, TRP) არხების სუპეროჯახი წარმოადგენს არასელექციურ კათიონების (ძირითადად ნატრიუმის და კალციუმის) გამტარ არხებს და მონაწილეობენ ბიოლოგიური ფუნქციების მრავალფეროვან სპექტრში, რაც მათ თერაპიული საშუალებების მიმზიდველ სამიზნედ აქცევს. TRP არხები არეგულირებენ მრავალ ფუნქციას, მათ შორის სენსორულ აღქმას, ტკივილს და ქავილს, იმუნიტეტს, საჭმლის მონელებას, სიმსივნეს, ზრდა-განვითარებას, და ასევე ჩართული არიან გულ-სისხლძარღვთა, უროლოგიურ და ნერვული სისტემების მოქმედებაში. გარდა ამისა, ეს ცილა-არხები ფართოდ არიან წარმოდგენილი სხვადასხვა ქსოვილის მემბრანებში და მათი მუტაციები აღინიშნება სხვადასხვა პათოლოგიების დროს, როგორებიცაა მემკვიდრეობითი დაავადებები და მრავალი სხვა არხიპათიები. TRP ანკირინ 1 (TRPA1) არის კალციუმის გამტარი არხი, რომელიც თანაექსპრესირებულია TRPV1-ის გამომხატველი ნოციცეპტური ნერვული ბოჭკოების ტერმინალებსა და მექანოსენსიტიური C-ბოჭკოების დისტალურ დაბოლოებებში, რაც ხელს უწყობს მტკივნეული სიგნალების ტრანსდუქციას. TRPA1 არხი გამოირჩევა არაჰისტამინერგული ქავილისა და სიცივის მიმართ ჰიპერმგრძნობელობით. სხვადასხვა გამაღიზიანებელი ქიმიური ნივთიერებები და ქსოვილების დაზიანების შედეგად აღმოცენებული ენდოგენური პროდუქტები ააქტიურებენ TRPA1 არხს. მათ შორისაა ზოგიერთი სანელებლის, მაგალითად, დარიჩინის, მდოგვის ზეთის,

ვასაბის პიკანტური ნაერთები, ასევე ქლოროქინი, აკროლეინი, ფორმალინი, კანაბინოიდები და სხვა.

TRP ვანილოიდური 1 (TRPV1) ასევე წარმოადგენს არასელექციურ იონურ არხს, რომელიც აქტიურდება კაპსაიცინითა და ტემპერატურით. იგი მნიშვნელოვანია სენსორული ნეირონების ნოციცეპტორული C-ბოჭკოებისთვის და ჩართულია ტკივილისა და ქავილის გზებში. აღნიშნული ცილოვანი არხი ვანილოიდური ქვეოჯახის სულ პირველად აღმოჩენილი წევრია, რომელიც დადასტურებულად აკავშირებს ტკივილისა და ქავილის შეგრძნებებს და ამდენად წარმოადგენს ტკივილის (ალგეზიური) და ქავილის (პრურიტოგენული) სიგნალების დეტექტორს. ამრიგად, ორივე არხი მიჩნეულია ტკივილისა და ქავილის მიმზიდველ თერაპიულ (ანალგეზიურ) სამიზნედ.

Transient Receptor Potential Channels in Pain and Itch

MERAB TSAGARELI, MAIA TSAGARELI

Ivane Beritashvili Center for Experimental Biomedicine, Tbilisi, Georgia

KEYWORDS: algesia; allodynia; hyperalgesia; nociception; pruriception

Pain and itch (pruritus) are distinct, complex sensory and unpleasant sensations that indicate actual or potential tissue damage. While both involve neural network activation, their physiological mechanisms differ: pain is a necessary alert to a harmful signal that sets off protective responses, whereas itch mainly provokes the desire to scratch. For pruritus, the general discourse mainly deals with histaminergic and nonhistaminergic itch. Painful or itching stimulation applied to the peripheral receptors evokes a cascade of nociceptive signaling in ascending somatosensory pathways, which culminate in a distributed multidimensional brain representation that is required to localize, interpret, modulate, and appropriately respond to the stimulus.

Transient Receptor Potential (TRP) channel superfamily is distinct in that these channels are nonselective for cations (mainly for sodium and calcium) and are involved in a diverse array of biological functions, making them attractive targets for therapeutics. TRP channels regulate many functions, among them sensory perception, pain and itch, immunity, digestion, cancer, development, urological, cardiovascular, and nervous systems. Moreover, these channels are widely distributed in various tissue membranes, and TRP channel mutations are observed in several different diseases, such as hereditary diseases and many other TRP channelopathies. TRP ankyrin 1 (TRPA1) is a calcium-permeable channel that is co-expressed on a subpopulation of TRPV1-expressing nociceptive nerve fibers' terminals and distal endings of mechanosensitive C-fibers, contributing to the transduction of noxious signals. This channel is considered to detect non-histaminergic itch and cold hypersensitivity (noxious cold). Various irritant chemicals and endogenous products of tissue injury activate TRPA1. Among them are pungent compounds in some spices such as cinnamon, mustard oil, wasabi, as well as chloroquine, acrolein, formalin,

cannabinoids, and various reactive oxygen, nitrogen, and carbonyl species.

TRP vanilloid 1 (TRPV1) is also a nonselective ion channel activated by capsaicin and heat, and is a prominent nociceptor in C-fiber sensory neurons involved in pain and itch pathways. It has become the first family member with a postulated and subsequently verified link to pain and itch, with increasing evidence that considers this protein receptor as a hub for algescic and pruritogenic signals. Both channels are attractive therapeutic targets in pain and itch.

TRPA1 არხის როლი თერმულ ჰიპერალგეზიასა და მექანიკურ ალოდინიაში

ივლიანე ნოზაძე, გუნაზ ღურუაია,

გუნარა გეგეჰანიშვილი, მერაბ ცაგარელი

ტკივილისა და ანალგეზიის დაბოხატოხია, ივ. ბეჩიგაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრი, თბილისი, საქართველო

კლინიკური თვალსაზრისით ტკივილი წარმოადგენს მნიშვნელოვან სამედიცინო პრობლემას. ტკივილის შეგრძნებას აღიქვამენ სპეციალიზებული რეცეპტორები (ნოციცეპტორები), რომლებიც ამოიცნობენ, გარდაქმნიან და გადასცემენ სიგნალებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას. გარდამავალი რეცეპტორული პოტენციალის (TRP) არხების, როგორც ცილოვანი რეცეპტორების, იდენტიფიცირებამ ახალი ერა შექმნა ტკივილის შეგრძნების მოლეკულური მექანიზმის გარკვევაში. ისინი წარმოადგენენ კათიონების გამტარი არხების ფართო ჯგუფს, რომლებიც მნიშვნელოვან სასიგნალო ფუნქციას ასრულებენ გრძნობათა ორგანოებში. გარდა ამისა, აღნიშნული არხები მონაწილეობენ მრავალი დაავადების განვითარებაში.

ჩვენი კვლევის მიზანს შეადგენდა TRPA1 არხზე აგონისტებისა და ანტაგონისტების ეფექტების ქცევითი შესწავლა ერთ-ერთი ცნობილი ხაზის თაგვებში (C57BL/6). ჩვენ აღვრიცხავდით თერმულ ნოციცეპტურ სტიმულებზე თათის მოცილების ფარულ პერიოდსა და მექანიკური დაწოლის ზღურბლს, დარიჩინის ალდეჰიდის (CA), მდოგვის ზეთის ძირითადი ქიმიური კომპონენტის ალილ იზოთიოციანატისა (AITC) და TRPA1 არხის ანტაგონისტის (HC-030031) ზემოქმედებაზე მათი ტერფქვეშა ინექციის შედეგად.

აგონისტების, AITC-ის და CA შეყვანამ თაგვების უკანა თათში გამოიწვია თერმული მოცილების რეფლექსის ლატენობისა და მექანიკური ზღურბლის სარწმუნო შემცირება, რაც ნიშნავს სითბური ჰიპერალგეზიის და მექანიკური ალოდინიის განვითარებას. TRPA1 არხის ანტაგონისტით HC-030031-ით წინასწარმა ინიექციამ მნიშვნელოვნად შეამცირა აგონისტებით გამოწვეული ჰიპერალგეზიის სიდიდე და ხანგრძლივობა. ამრიგად, დადასტურდა TRPA1 არხის ჩართულობა ტკივილის აღმოცენებასა და მოდულაციაში.

მიღებული შედეგები მიუთითებენ, რომ უახლოეს მომავალში შესაძლებელი გახდება სრულიად ახალი ტიპის ანალგეტიკების სინთეზი, რომლებიც პირდაპირ მიმართული იქნებიან TRP არხების ბლოკირებისკენ, რათა მინიმუმამდე შემცირდეს ტრადიციული ანალგეტიკებისთვის დამახასიათებელი არასასურველი გვერდითი მოვლენების განვითარება.

შრომა დაფინანსდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ახალგაზრდა მეცნიერთა გრანტით (№ YS-24-1033).

Role of TRPA1 Channel in Thermal Hyperalgesia and Mechanical Allodynia

IVLIANE NOZADZE, GULNAZ GURTSKAIA,

GULNARA GEDEVANISHVILI, MERAB G. TSAGARELI

Laboratory of Pain and Analgesia, Ivane Beritashvili Center for Experimental Biomedicine, Tbilisi, Georgia

Pain is a high-priority health problem in clinical medicine that affects a person's quality of life. The pain sensation is perceived by specialized receptors (nociceptors), which recognize, transform, and transmit signals to the central nervous system. The identification of transient receptor potential (TRP) channels as protein receptors opened a new era in elucidation of the molecular mechanism of pain sensation. They represent a broad group of cation-conducting channels that play an important signaling function in sensory organs. In addition, these channels are involved in the development of many diseases. The study aimed to conduct a behavioral study of the effects of agonists and antagonists of TRPA1 channels in mice (C57BL/6). We measured nociceptive thermal paw withdrawal latencies and mechanical thresholds bilaterally in mice at various time points following intra-plantar injection of cinnamaldehyde (CA), allyl isothiocyanate (AITC), and TRPA1 channel antagonist (HC-030031).

Injection of these agonists, AITC and CA, into the mice's hind paw resulted in shortening of the latency of thermal withdrawal reflex (Hargreaves test) and a decrease in electronic von Frey threshold of mechanical withdrawal reaction. It means induction of heat hyperalgesia and mechanical allodynia. Pretreatment with the TRPA1 channel antagonist HC-030031 significantly reduced the magnitude of this hyperalgesia and significantly shortened the time-course of hyperalgesia. The data revealed that CA and AITC elicit thermal hyperalgesia and mechanical allodynia via the activation of the TRPA1 channel. These effects were attenuated by pretreatment with the TRPA1 channel antagonist HC-030031. These results suggest that in the near future, synthesis of completely new types of analgesics, which will be aimed directly at blocking TRP channels to minimize the undesirable side effects characteristic of traditional analgesics.

This work was supported by the grant of Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia for young scientists (SRNSFG, # YS-24-1033).

ორგანიზმში ცილოვანი ნაერთების ტრანსდერმული გზით შეყვანა პოლივინილის სპირტის საფუძველზე დამზადებული ფირებით

ხვედელიძე ნ.შ., მარქარაშვილი ე.გ., ძიძიგური დ.ვ.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქიმიის დეპარტამენტი
იღია ჭავჭავაძის გამზ. 1, თბილისი 0179, საქართველო
ელფოსტა: eliza.markarashvili@tsu.ge

საკვანძო სიტყვები: ტრანსდერმული მიწოდება; პოლივინილის სპირტი;
თეიმოსტაბილური ცილების კომპლექსი (თცკ);
ვინილვინილპირაკრილათის კოპოლიმერი; ფიჩი.

როგორც ცნობილია, არსებობს ორგანიზმში წამლის მიწოდების სხვადასხვა გზა, მათ შორის პერორალური, ინტრავენური, კუნთში და კანქვეშ შეყვანა. თუმცა, თითოეული მათგანი ხასიათდება გარკვეული ნაკლოვანებებით. მათ შორის წამლის დაბალი სტაბილურობა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში და დაქვემდებარება პირველი გავლის მეტაბოლიზმზე. ასევე, არსებობს პრეპარატის ფერმენტული ან კუჭის მჟავა გარემოს ზემოქმედებით დეგრადაციის შესაძლებლობა. აღნიშნული, და სხვა ნაკლოვანებები განსაკუთრებით შესამჩნევია პეპტიდური ან ცილოვანი მედიკამენტების მიწოდებისას. აქედან გამომდინარე, აქტუალურია ცილოვანი ნაერთების ორგანიზმში შეყვანის ალტერნატიული გზების ძიება. ერთ-ერთ ასეთ გზას წარმოადგენს ორგანიზმში ნივთიერებების ტრანსდერმული გზით შეყვანა. ტრანსდერმული მიწოდების სისტემებიდან, ყველაზე გავრცელებული და ხშირად გამოყენებული ფორმა ფირებია. ფირის წარმომქმნელი პოლიმერები შესაძლოა გამოყენებული იქნას ცალკეულად ან სხვა პოლიმერებთან კომბინაციაში, სასურველი თვისების მქონე ფირების მისაღებად. გამომდინარე აქედან, ჩვენ მიზანს წარმოადგენდა პოლივინილის სპირტის საფუძველზე დამზადებულ, განსხვავებული შედგენილობის ფირებში იმობილიზებული ზრდის შემაკავებელი ცილოვანი კომპლექსის ორგანიზმში შეყვანის შესაძლებლობის დადგენა.

ზრდასრული ვირთაგვას ღვიძლიდან გამოყოფილი ზრდის შემაკავებელი თერმოსტაბილური ცილოვანი კომპლექსის (თცკ) არაინვაზიური, კერძოდ, ტრანსდერმული გზით მიწოდების მიზანშეწონილობის დასადგენად, შესწავლილია მოზარდი ვირთაგვების ქსოვილების უჯრედების გამრავლებაზე პოლივინილის სპირტის (PVA) საფუძველზე დამზადებული სხვადასხვა შედგენილობის ფირებში იმობილიზებული ღვიძლის თცკ-ს ზემოქმედება. დადგინდა, რომ პოლივინილის სპირტისა და ვინილტრიეთოქსილანით (VTES) დამზადებულ ფირში იმობილიზებული თცკ-ს მოქმედებით, საკონტროლო ჯგუფის ცხოველებთან შედარებით, საცდელი ჯგუფის ცხოველების ღვიძლსა და თირკმელში მიტოვური ინდექსი სარწმუნოდ მცირდება (46% და 30%-ით, შესაბამისად). ამასთან, მხოლოდ პოლივინილის სპირტისგან დამზადებულ

ფირში იმობილიზებული თცკ-ს დამთრგუნველი ზემოქმედება არ მიიღწევა არცერთ ქსოვილში. პარალელურად გამოკვლეული იყო მესამე კომპონენტად სახამებლის გამოყენების გზით ფირების ხსნადობის და ფირიდან ცილების გამოთავისუფლების ხარისხის გაზრდის შესაძლებლობა. გამოვლინდა, რომ სხვადასხვა შედგენილობის ფირში, სახამებლის დამატება არ იწვევს მისი ხსნადობის გაზრდას და შესაბამისად მასში იმობილიზებული თცკ-ს პროლიფერაციის მაინჰიბირებელი ზემოქმედების ცვლილებას. ამასთან, პოლივინილის სპირტის საფუძველზე დამზადებულ ფირში ბიომოლეკულების განვლადობის ხარისხის გაზრდის მიზნით სახამებლის გამოყენება, არ იწვევს ფირში იმობილიზებული ზრდასრული ვირთაგვების ღვიძლიდან გამოყოფილი თერმოსტაბილური ცილოვანი კომპლექსის განვლადობის სიჩქარის და მოქმედების ეფექტურობის ზრდას.

Transdermal Delivery of Protein Compounds Using Polyvinyl Alcohol-Based Films

KHVEDELIDZE N.SH., MARKARASHVILI E.G., DZIDZIGURI D.V.

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Department of Chemistry

I. Chavchavadze Ave., 1, Tbilisi 0179, Georgia

E-mail: eliza.markarashvili@tsu.ge

KEYWORDS: transdermal delivery; polyvinyl alcohol; thermostable protein complex (TPC); vinyltriethoxysilane; film

It is well known that there are various routes for drug delivery in the body, including oral, intravenous, intramuscular, and subcutaneous administration. However, each of these methods is associated with certain disadvantages, such as low drug stability in the gastrointestinal tract and susceptibility to first-pass metabolism. In addition, drugs may undergo degradation due to enzymatic activity or the acidic environment of the stomach. These and other limitations are particularly significant in the delivery of peptide and protein-based medications. Therefore, the search for alternative methods of administering protein compounds into the body remains highly relevant. One such alternative is transdermal delivery. Among transdermal delivery systems, films are the most widely used and common dosage form. Film-forming polymers can be used individually or in combination with other polymers to obtain films with desired properties. Accordingly, the aim of this study was to determine the feasibility of delivering a growth-inhibitory protein complex immobilized in polyvinyl alcohol-based films of varying composition into the body. To evaluate the feasibility of non-invasive, specifically transdermal, delivery of a thermostable growth-inhibitory protein complex (TPC) isolated from the liver of adult rats, the effect of TPC immobilized in polyvinyl alcohol (PVA)-based films of different compositions on cell proliferation in tissues of juvenile rats was investigated. It was found that the action

of TPC immobilized in films prepared from polyvinyl alcohol and vinyltriethoxysilane (VTES) resulted in a significant decrease in the mitotic index in the liver and kidneys of experimental animals compared to the control group (by 46% and 30%, respectively). In contrast, TPC immobilized in films made solely from polyvinyl alcohol did not exhibit an inhibitory effect in any tissue. In parallel, the possibility of increasing film solubility and enhancing protein release from the films by introducing starch as a third component was investigated.

ახალი წებოცემენტები ნარჩენების საფუძველზე

მარქარაშვილი ე.გ., თაყაიშვილი ნ.ვ., ხახუშაიშვილი ა.გ.,

სნესარ ა., შერმაღინი ხ.ხ., გვარამაძე თ.გ.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქიმიის დეპარტამენტი ი. ჭავჭავაძის გამზიხი 1, თბილისი 0179, საქაიხიველ

E-mail: eliza.markarashvili@tsu.ge

საკვანძო სიტყვები: მინა; წებოცემენტები; კომპოზიტური მასალები;
პლასტმასი; ეთილსილიკატი; რეზინის ნარჩენები; გადამუშავება;
ეკოლოგიურად უსაფრთხო მასალები. Top of Form Bottom of Form

საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით გარემოს დაბინძურება თანამედროვე საზოგადოების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ეკოლოგიური პრობლემაა. შავი ზღვის სანაპირო ზოლის დაცვა საყოფაცხოვრებო ნარჩენებისგან მოითხოვს მათი გადამუშავებისა და გამოყენების ინოვაციური ტექნოლოგიების განვითარებას. წარმოდგენილი ნაშრომი ეხება ეკოლოგიურად უსაფრთხო ახალი წებოცემენტური კომპოზიტების მიღებას რეზინისა და მინის ნარჩენების საფუძველზე. შემუშავდა ცემენტური წებოების ახალი რეცეპტურები, რომლებიც მიღებულია ტრადიციული შემადგენლობების მოდიფიცირებით, კომპონენტთა რაოდენობრივი თანაფარდობების ცვლილებისა და ახალი ინგრედიენტების ეთილსილიკატის, საბურავების რეზინის ფხვნილისა და მინის ფხვნილის დამატების გზით. აღნიშნული მეორადი ნედლეულის გამოყენება შესაძლებელს ხდის მავნე ნარჩენები გარდაიქმნას სასარგებლო სამშენებლო მასალებად ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროცესების მეშვეობით. მიღებული კომპოზიტური მასალებისათვის შესწავლილი იქნა წყლის შთანთქმა, გაღუნვის სიმტკიცე, გაჭიმვის სიმტკიცე, დარტყმითი სიბლანტე, თერმული მდგრადობა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ზედაპირის მორფოლოგია და მოლეკულური სტრუქტურა გამოკვლეულ იქნა სკანირებადი ელექტრონული მიკროსკოპიის (SEM) მეთოდით. განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო მინისა და რეზინის ნარჩენების გავლენას წებოცემენტების

თვისებებზე. კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ მინის ფხვნილის (1–5 მას.%) და საბურავების რეზინის ფხვნილის (5 მას.%) დამატება მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს წებოცემენტების მექანიკურ მახასიათებლებს. საუკეთესო შედეგები მიღებული იქნა ნიმუშებში, რომლებიც შეიცავდა 5 მას.% მინის ფხვნილს და 5 მას.% რეზინის ფხვნილს. გამოყენებული საბურავების ფხვნილის ანალიზმა დაადასტურა, რომ მძიმე მეტალების შემცველობა არ აღემატება პოლიმერული მასალებისთვის დადგენილ დასაშვებ ნორმებს, რაც მიუთითებს აღნიშნული ნედლეულის ეკოლოგიურ უსაფრთხოებასა და გამოყენების პერსპექტიულობაზე. შემუშავებული წებოცემენტები წარმოადგენს მდგრადი სამშენებლო მასალების ახალ კლასს, რომელებსაც ახასიათებს გაუმჯობესებული საექსპლუატაციო თვისებები, საყოფაცხოვრებო ნარჩენები ეფექტურად გამოიყენება, რაც ხელს უწყობს გარემოს დაცვასა და რესურსების რაციონალურ გამოყენებას.

New adhesive cements based on waste

MARKARASHVILI E.G., TAKAISHVILI N. V., KHAKHUTAISHVILI A.T.,

SNESAR A., SHERMADINI KH.KH., GVARAMADZE T.G.

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Department of Chemistry

I. Chavchavadze Ave., 1, Tbilisi 0179, Georgia

E-mail: eliza.markarashvili@tsu.ge

KEYWORDS: glass; cement glues; material; plastic; Ethyl silicate

Protection of the environment from pollution by domestic waste, in particular, should be the concern of every member of the community of the Black Sea coastline, and to a certain extent, for all people. The work envisaged obtaining new safe materials on the basis of household plastics and rubber household waste in the Black Sea coastline, which provides the opportunity to turn harmful waste into a useful product. New construction materials are obtained on the basis of glass waste, plastics, rubber waste and adhesive cements. New environmentally safe polymer composites were obtained for the first time. These composites can be used in building materials, artistic and decorative paints and household items. For these composite materials, the following were studied: water absorption, bending and tensile strength, impact viscosity, physical-mechanical and thermal properties, supramolecular structure of the surface by SEM scanning electron microscopy, unfolding and correction time in a significant decrease in the mitotic index in the liver and kidneys of experimental animals compared to the control group (by 46% and 30%, respectively). In contrast, TPC immobilized in films made solely from polyvinyl alcohol did not exhibit an inhibitory effect in any tissue. In parallel, the possibility of increasing film solubility and enhancing protein release from the films by introducing starch as a third component was investigated. New recipes of cement glues, which are variations of old

ones, have been developed. We have changed quantities of components entering cement glue and added new components, which respectively lead to percentage change of components and improvement of properties. Ethyl silicate, household plastic and rubber articles waste have been added to new samples prepared by us, which opens up the opportunity of harmful waste transformation into useful products using chemical and technological processes. None of the toxically hazardous heavy metals' content in waste tire powder exceeds permissible standards established for heavy metals' content in polymeric materials, which points at usability of waste tire waste as well as at its safe use as a raw material for receipt of waterproofing materials. One may draw conclusion that prepared new samples of cement glue, to which 1, 3, 5% of glass powder have been added and 5% of rubber waste have been taken in all cases, have improved their mechanical properties. The best results have been obtained when 5% of glass and 5% of powdered rubber tire have been added.

ბენტონიტური თიხა-გოგირდის კომპოზიტის გამოყენების შესაძლებლობების კვლევა ორგანულ სოფლის მეურნეობაში

მზია ბერუაშვილი

სოფლის მეურნეობის დოქტორი

ღევეან უჭაჭურიძე

სოფლის მეურნეობის დოქტორი, აკადემიკოსი

მაია მირველაშვილი

სოფლის მეურნეობის დოქტორი

სოფლის-მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი, თბილისი, საქართველო

mzia.beruashvili@srca.gov.ge

**საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგია; ბენტონიტი; ბოსტნეული კულტურები;
ვაზი; ბიონარმობა**

დღეს, როდესაც სამყარო ეკოლოგიური გამოწვევებისა და კვების უსაფრთხოების პრობლემების წინაშე დგას, ორგანული სოფლის მეურნეობა და ბიოპროდუქტების წარმოება სულ უფრო მეტ აქტუალობას იძენს. ბიონარმობა ერთი მხრივ ზრუნავს გარემოზე და არ ახდენს მის დაბინძურებას, მეორე მხრივ კი ვიღებთ პროდუქციას, რომელიც მთელი რიგი უპირატესობებით გამოირჩევა: არ შეიცავს პესტიციდების ნარჩენებს და საშიშროებას არ უქმნის ადამიანთა ჯანმრთელობას. ბიოპროდუქტს აქვს მაღალი კვებითი ღირებულება და ხშირად უფრო მეტ ანტიოქსიდანტს, ვიტამინებსა და მინერალებს შეიცავს, ვიდრე კონვენციურ მეურნეობაში წარმოებული პროდუქტი. ამასთანავე ახასიათებს გამო-

რჩეული საგემოვნო მაჩვენებლები, შენარჩუნებული აქვს ბუნებრივი არომატი და გემო.

ბიოპროდუქტების წარმოება, როგორც მთელ მსოფლიოში, ასევე საქართველოში ყოველწლიურად იზრდება და ეს ბუნებრივიცაა, რამდენადაც ბიოწარმოება კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ჯანსაღი გარემოსა და მომავლისათვის. თავის მხრივ კი, ორგანულ სოფლის მეურნეობაში სასურველ შედეგებს რომ მივაღწიოთ, მნიშვნელოვანია სინთეზური პესტიციდები და აგროქიმიკატები ჩავანაცვლოთ ბიოპრეპარატებითა და ბიოწარმოებაში დაშვებული საშუალებებით. წარმოდგენილი კვლევა სწორედ ერთ-ერთ ასეთ, ეკოლოგიურად უსაფრთხო საშუალებას ეხება, რომელიც საქართველოს ორგანული ქიმიის ინსტიტუტშია შექმნილი და ბენტონიტური თიხა-გოგირდის კომპოზიტს წარმოადგენს. აღნიშნული კომპოზიტის წყალ-სუსპენზიის გავლენის შესწავლა ზოგიერთ ბოსტნულ კულტურასა და ვაზზე ტარდებოდა 2022-2025 წლებში სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრის წილკნისა და ჭილაურას საცდელ ბაზებზე საცდელ, ეტალონ და საკონტროლო ვარიანტებად 3-3 განმეორებაში.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ეტალონ ვარიანტში გოგირდის პრეპარატის (სულფოლაკის) გამოყენებამ ნაცრის განვითარების პროცენტი გოგრაზე საშუალოდ 49.5 %-ით შეამცირა საკონტროლოსთან შედარებით. ასეთივე შედეგი აჩვენა ბენტონიტური თიხა-გოგირდის კომპოზიტის 2 %-იანმა სუსპენზიამ, ხოლო მასთან მაკვანეთის კაოლინის 6 %-იანი სუსპენზიის კომბინაციამ სხვაობა საკონტროლოსთან 57.4 %-მდე გაზარდა. ბენტონიტური თიხა-გოგირდის გავლენით ნაცარი კიდეც უფრო მკვეთრად შეიზღუდა ვაზზე და მისი გავრცელება საცდელ ვარიანტებში ვაზის ფოთლებსა და მარცვლებზე არ აღემატებოდა 5-7 %-ს, მაშინ როცა საკონტროლო ვარიანტში (შეუსხურებელი) ეს მაჩვენებელი 75-80 % იყო.

პომიდვრის აბლაბუდიანი ტკიპას რიცხოვნობა პომიდვრზე საკვლევა ბიოპრეპარატმა, ისევე როგორც ცალკე აღებულმა სულფოლაკმა, საშუალოდ 60 %-ით შეამცირა, ხოლო კაოლინის 6%-იანის სუსპენზიის დამატებამ სხვაობა 75 %-მდე გაზარდა.

რაც შეეხება მოსავალზე გავლენას, ბენტონიტური თიხა-გოგირდის სუსპენზიის შესხურებით მავნე ორგანიზმების შემცირების შედეგად, საკონტროლოსთან შედარებით პომიდვრმა 51.2 %-ით მეტი მოსავალი მოგვცა, გოგრამ კი 96.9 %-ით მეტი. კაოლინის კომბინაციამ კი ეს მაჩვენებლები შესაბამისად 67.6 % და 124.7 %-მდე გააუმჯობესა.

ამდენად, ჩატარებული ცდებით ირკვევა, რომ ბენტონიტური თიხა-გოგირდის კომპოზიტი საშუალებას იძლევა, შევამციროთ სუფთა გოგირდის საჰექტრო რაოდენობა, თანაც ამავედროულად შევინარჩუნოთ და გავზარდოთ კიდეც მისი ეფექტიანობა, რაც ერთობ მნიშვნელოვანია ორგანული სოფლის მეურნეობისათვის.

Research on the potential use of a bentonite clay-sulfur composite in organic agriculture

MZIA BERUASHVILI

PhD in Agriculture

LEVAN UJMAJURIDZE

PhD in Agriculture, Academician

MAIA MIRVELASHVILI

PhD in Agriculture

Scientific-Research Center of Agriculture, Tbilisi, Georgia

mzia.beruashvili@srca.gov.ge

Key words: Ecology, bentonite, sulfur, vegetable crops, organic production

Today, as the world faces pressing environmental challenges and food security issues, organic agriculture and bioproduct certification are becoming increasingly relevant. On one hand, organic farming protects the environment by preventing pollution; on the other hand, it yields products with numerous advantages, such as being free from pesticide residues and posing no threat to human health. Furthermore, organic products possess high nutritional value, often containing more antioxidants, vitamins, and minerals than conventionally farmed alternatives. They are also characterized by superior sensory qualities, preserving their natural aroma and flavor.

The production of organic goods is growing annually both worldwide and in Georgia, driven by its critical importance for a healthy environment and sustainable future. However, to achieve the desired outcomes in organic agriculture, it is essential to replace synthetic pesticides and agrochemicals with bio-preparations and inputs permitted in organic farming. The present study addresses one such environmentally safe alternative developed at the Georgian Institute of Organic Chemistry: a bentonite clay-sulfur composite. The effect of an aqueous suspension of this composite on various vegetable crops and grapevines was evaluated between 2022 and 2025 at the Tsilkani and Jighaura experimental bases of the Scientific-Research Center of Agriculture. The experiments were conducted in three replications, using experimental, standard, and control variants.

The study demonstrated that the use of a standard sulfur preparation (Sulfolak) reduced the incidence of powdery mildew on pumpkin by an average of 49.5% compared to the control. A similar result was achieved using a 2% suspension of the bentonite clay-sulfur composite, while combining it with a 6% suspension of Makvaneti kaolin increased the efficacy to 57.4% relative to the control. The bentonite clay-sulfur composite suppressed powdery mildew even more effectively on grapevines; disease prevalence on the leaves and berries in the experimental variants did not exceed 5–7%, whereas it reached 75–80% in the untreated control variant.

Additionally, the population of tomato russet mites was reduced by an average of 60% using both the experimental bio-preparation and Sulfolac individually, while the addition

of a 6% kaolin suspension enhanced this reduction to 75%.

Regarding crop yield, the reduction of pests and diseases through the application of the bentonite clay-sulfur suspension led to a 51.2% increase in tomato yield and a 96.9% increase in pumpkin yield compared to the control. The integration of kaolin further improved these yields to 67.6% and 124.7%, respectively. Consequently, these experiments indicate that the bentonite clay-sulfur composite allows for a reduction in the amount of pure sulfur required per hectare while maintaining or even enhancing its efficacy—a significant advancement for organic agriculture.

შერეულ ნათესებში „თანამგზავრ“ მცენარეთა ადგილობრივი შესაძლებლობების გამოყენების შესწავლის მასალები

მზია ბერუაშვილი*

სოფლის მეურნეობის დოქტორი

გოჩა წერეთელი

სოფლის მეურნეობის დოქტორი

მზინაბ სარაიძე

სოფლის მეურნეობის დოქტორი

გივი წილოსანი

ბიოლოგიის დოქტორი

ზურაბ ბილანიშვილი

სპეციალისტი

სოფლის-მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი, თბილისი, საქართველო

[*mzia.beruashvili@srca.gov.ge](mailto:mzia.beruashvili@srca.gov.ge)

საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგია; „თანამგზავრ“ მცენარეები;

აღულოპათია; ფიტოქიმიკატები; ორგანული სოფლის მეურნეობა

გარემოს დანაგვიანებამ, მავნებლებისა და დაავადებების პესტიციდებთან სწრაფმა შეგუებამ მრავალი სირთულის წინაშე დააყენა კაცობრიობა. პრობლემა ერთობ აქტუალურია და დღესდღეობით გარემოს დაცვის, ადამიანთა ჯანმრთელობაზე ზრუნვის და ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების ერთ-ერთ და უმნიშვნელოვანეს გზას ორგანული სოფლის მეურნეობა წარმოადგენს. ბიომეურნეობებში გადამწყვეტი როლი ენიჭება ბიომრავალფეროვნებას და შერეულ ნათესებს დამხმარე „თანამგზავრ“ მცენარეთა გამოყენებით, რომელთა შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავიათ არომატულ მცენარეებს. წარმოდგენილი კვლევა ეხება

კომპლექსური კვლევის შედეგებს, რომელიც მიზნად ისახავდა დამხმარე მცენარეების, როგორც „თანამგზავრი“ კულტურების, გავლენის შესწავლას აგროეკოსისტემების პროდუქტიულობასა და მდგრადობაზე. კვლევა ფოკუსირებულია ორგანული სოფლის მეურნეობის მეთოდებზე, სადაც მცენარეთა ურთიერთქმედება და ბიოპრეპარატების გამოყენება წარმოადგენს ქიმიური საშუალებების ალტერნატივას. 2022-2025 წლებში ჩატარებული კომპლექსური კვლევების საფუძველზე გაანალიზებულია შერეული ნათესების/ნარგავების ეფექტიანობა ისეთ სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე, როგორიცაა პომიდორი, ბროკოლი, ბამია, სალათა, გოგრა, არაქისი, ლობიო, ცულისპირა, ხორბალი და სელი.

დადგინდა, რომ დამხმარე „თანამგზავრი“ მცენარეებთან (კიტრისუნა, რეჰანი, ქონდარი, ნიახური, ქინძი, უცხო სუნელი, კამა, იმერული ზაფრანა, ბარამბო, სალბი, მდოგვი და სხვ.) თანაარსებობა მნიშვნელოვნად ზრდის ძირითადი კულტურების პროდუქტიულობას. შედეგები მეტ-ნაკლებად განსხვავებულია კულტურების მიხედვით და შერეული ნათესების მოსავლიანობის მაჩვენებლების სხვაობა საკონტროლოსთან შესაბამისად მერყეობს 3.3%-დან 73.9 %-მდე.

კვლევამ დაადასტურა ე.წ. „ძიძა“ მცენარეების (პიტნა, ბარამბო, კიტრისუნა, გულყვითელა, წიწიბურა, უსუპი, კატაპიტნა, ლავანდა, სამკურნალო გვირილა) ორმაგი როლი: ისინი აფრთხობენ მავნებლებს და იზიდავენ სასარგებლო, ენტომოფაგ მწერებს (მაგ. *ჭიამაიები*, მტაცებელი ბაღლინჭოები, მტაცებელი ობობები და სხვ.). წიწიბურას გამოყენებამ კარტოფილის ნათესებში აჩვენა მაღალი ეფექტიანობა კოლორადოს ხოჭოს ბუნებრივი კონტროლისა და ალელოპათიური სტიმულაციის კუთხით. აღსანიშნავია აგრეთვე, პომიდვრის დაცვა მენადმე ჩრჩილისგან: შერეულ ნათესებში (პომიდორი, იმერული ზაფრანა, კიტრისუნა, რეჰანი) დაზიანება 2-3 ბალს არ აღემატებოდა, მაშინ როცა საკონტროლო ნაკვეთზე, მათ შორის ქიმიური საშუალებების გამოყენების შემთხვევაშიც კი დაზიანებამ 5 ბალი შეადგინა.

ბიოჰუმუსის და დამხმარე მცენარეების ალელოპათიური ზემოქმედებით კარტოფილის მოსავლიანობა 40.8%-ით გაიზარდა. ბიოსასუქებისა და არომატული მცენარეების კომბინაციამ ასევე აჩვენა სტაბილური მატება ცულისპირაზე.

ჩატარებული კვლევა ადასტურებს, რომ არომატული და სამკურნალო მცენარეების ინტეგრირება ორგანულ სოფლის მეურნეობაში წარმოადგენს მოსავლიანობის ამაღლებისა და მცენარეთა მავნე ორგანიზმებთან ბრძოლის მდგრად, ეკოლოგიურად უსაფრთხო და მაღალეფექტურ სტრატეგიას.

Materials for the Study of Using the Allelopathic Potential of “Companion” Plants in Mixed Cropping Systems

MZIA BERUASHVILI

PhD in Agriculture

GOCHA TSERETELI

PhD in Agriculture

MZEINAB SARALIDZE

PhD in Agriculture

GIVI TSILOSANI

PhD in Biology

ZURAB BILANISHVILI

Specialist

Scientific-Research Center of Agriculture, Tbilisi, Georgia

mzia.beruashvili@srca.gov.ge

KEYWORDS: Ecology; Companion plants; Allelopathy; Phytochemicals; organic agriculture

Environmental pollution and the rapid adaptation of pests and pathogens to pesticides have created serious challenges for humanity. Consequently, organic farming has become one of the most important approaches to environmental protection, the safeguarding of human health, and the conservation of biodiversity. In organic farming systems, biodiversity plays a crucial role, as does the use of companion plants in mixed cropping systems, among which aromatic plants occupy a special place. The present study summarizes the results of a comprehensive investigation evaluating the effects of companion plants on the productivity and ecological sustainability of agroecosystems.

The research focuses on organic farming practices, where plant interactions and biopreparations are used as environmentally safe alternatives to synthetic agrochemicals. Based on comprehensive studies conducted during 2022–2025, the effectiveness of mixed cropping systems was evaluated for a range of agricultural crops, including tomato, broccoli, okra, lettuce, pumpkin, peanut, common bean, cowpea, wheat, and flax. The results demonstrated that intercropping with beneficial companion plants, including borage, basil, summer savory, celery, coriander, fenugreek, dill, marigold, lemon balm, sage, mustard, and others, significantly enhanced the productivity of the main crops. Depending on the crop species, yield increases in mixed cropping systems ranged from 3.3% to 73.9% compared with the respective monoculture controls. The study also confirmed the dual role of “nurse” plants (including mint, lemon balm, cucumber, yarrow, buckwheat, catnip, calamus, and lavender): they act both as pest repellents and as attractants for beneficial entomophagous insects (e.g., ants, predatory garden spiders, etc.). The inclusion of buckwheat in potato cropping systems proved particularly effective by enhancing the biological control of the Colorado potato beetle while simultaneously exerting a stimulatory allelopathic effect on crop development. Especially noteworthy was the protection of tomato plants against the tomato leaf miner. In mixed cropping systems consisting of tomato, marigold, borage, and basil, pest damage did not exceed 2–3 points on the assessment scale, whereas in the control plots—including those treated with chemical pesticides—it reached 5 points. The combined application of vermicompost and the allelopathic effects of companion plants increased potato yield by 40.8%. Similarly, the integrated use of biofertilizers and aromatic plants consistently enhanced the productivity of common bean.

Overall, the findings demonstrate that the integration of aromatic and medicinal plants into organic farming systems represents a sustainable, environmentally safe, and highly effective strategy for increasing crop productivity and managing agricultural pests.

ბუნებრივი სამკურნალო რესურსები ტრანსლაციური და ინტეგრირებულ მედიცინაში: ქიმიური დახასიათებიდან კლინიკურ ინტეგრაციამდე

მარინა შავლაყაძე¹²³, გიორგი ნაჭროშვილი²³

¹ საქართველოს უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

³ ოჩგანიზაცია „ქიმია და ადამიანის ჯანმრთელობა“, თბილისი, საქართველო
marishavlakadze@gmail.com

საკვანძო სიტყვები: ბუნებრივი სამკურნალო რესურსები;

ალნეოლოგია; ტრანსლაციური მედიცინა; ინტეგრირებული მედიცინა

სამედიცინო ქიმია; პერსონალიზებული მედიცინა ბუნებრივი სამკურნალო რესურსები, მათ შორის მინერალური წყლები, თერმული წყაროები, სამკურნალო ტალახები და ბიოაქტიური ბუნებრივი ნაერთები, მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ჯანმრთელობის ხელშეწყობაში, დაავადებათა პრევენციასა და რეაბილიტაციაში. მიუხედავად მათი მრავალსაუკუნოვანი გამოყენებისა, მათი ქიმიური დახასიათების, ბიოლოგიური მოქმედების მექანიზმებისა და კლინიკური ეფექტიანობის სისტემური ინტეგრაცია კვლავ რჩება შეზღუდულ და ფრაგმენტულად შესწავლილ სფეროდ, რაც აფერხებს მათ მტკიცებულებებზე დაფუძნებულ დანერგვას თანამედროვე ჯანდაცვის სისტემებში.

ნაშრომის მიზანია ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების ქიმიური და ბიოლოგიური საფუძვლების სისტემური ანალიზი და მათი ტრანსლაციური ინტეგრაციის კონცეპტუალური მოდელის წარმოდგენა თანამედროვე მედიცინის კონტექსტში. კვლევა ეფუძნება სამედიცინო ქიმიის, ბიოქიმიის, ბალნეოლოგიის, ტრანსლაციური და ინტეგრირებული მედიცინის თანამედროვე სამეცნიერო მტკიცებულებების ინტერდისციპლინურ სინთეზს.

ნაშრომში წარმოდგენილია ახალი კონცეპტუალური ჩარჩო, რომელიც აერთიანებს ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების ქიმიურ დახასიათებას, მათი მოქმედების მოლეკულური და ფიზიოლოგიური მექანიზმების ანალიზს, კლინიკურ მტკიცებულებებსა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის პრაქტიკაში ინტეგრაციის შესაძლებლობებს. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა მინერალური წყლებისა და სხვა ბუნებრივი სამკურნალო ფაქტორების იონურ და მიკროელემენტურ შემადგენლობას, გახსნილ აირებს, ბიოაქტიურ კომპონენტებსა და მათ ბიოლოგიურ ეფექტებს. განხილულია ტრანსლაციური მედიცინის როლი ექსპერიმენტული და მოლეკულური მონაცემების კლინიკურ პრაქტიკაში გადატანის პროცესში, აგრეთვე ინტეგრირებული მედიცინის მნიშვნელობა ბუნებრივი და კონვენციური თერაპიული მიდგომების მეცნიერულად დასაბუთებული სინერგიის უზრუნველსაყოფად.

წარმოდგენილი ანალიზი აჩვენებს, რომ ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების ეფექტიანი და უსაფრთხო კლინიკური გამოყენება საჭიროებს სტანდარტიზებულ ტრანსლაციურ მიდგომას, ინტერდისციპლინურ თანამშრომლობასა და პერსონალიზებული მედიცინის პრინციპების გათვალისწინებას. შემოთავაზებული კონცეპტუალური მოდელი ქმნის მეცნიერულ საფუძველს ბუნებრივი სამკურნალო რესურსების სტანდარტიზაციის, მტკიცებულებებზე დაფუძნებული გამოყენებისა და თანამედროვე ჯანდაცვის სისტემებში მათი ეფექტიანი ინტეგრაციისათვის.

Natural Therapeutic Resources in Translational and Integrative Medicine: From Chemical Characterization to Clinical Integration

MARINE SHAVLAKADZE¹²³, GIORGI NATROSHVILI²³

¹ University of Georgia, Tbilisi, Georgia

² Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

³ Organization “Chemistry and Human Health”, Tbilisi, Georgia

marishavlakadze@gmail.com

KEYWORDS: natural therapeutic resources; balneology; translational medicine; integrative medicine; medical chemistry; personalized medicine

Natural therapeutic resources, including mineral waters, thermal springs, therapeutic muds, and bioactive natural compounds, play an important role in health promotion, disease prevention, and rehabilitation. Despite their long-standing application, the systematic integration of their chemical characterization, biological mechanisms of action, and clinical efficacy remains limited, restricting their evidence-based implementation in modern healthcare systems.

The aim of this study is to provide a systematic analysis of the chemical and biological foundations of natural therapeutic resources and to propose a conceptual model for their translational integration into contemporary medical practice. The study is based on an interdisciplinary synthesis of current evidence from medical chemistry, biochemistry, balneology, translational medicine, and integrative medicine.

This paper introduces a novel conceptual framework that bridges the chemical characterization of natural therapeutic resources with their molecular and physiological mechanisms of action, clinical evidence, and integration into public health practice. Particular attention is given to the ionic composition, trace element profiles, dissolved gases, and bioactive constituents of mineral waters and other natural therapeutic factors, together with the biological mechanisms underlying their therapeutic effects. The role of translational medicine in transforming molecular and experimental findings into clinical applications is discussed, as well as the contribution of integrative medicine to achieving an

evidence-based synergy between natural and conventional therapeutic approaches.

The analysis demonstrates that the effective and safe clinical implementation of natural therapeutic resources requires standardized translational strategies, interdisciplinary collaboration, and the incorporation of personalized medicine principles. The proposed conceptual framework provides a scientific foundation for the standardization, evidence-based application, and effective integration of natural therapeutic resources into contemporary healthcare systems.

დამხმარე ტექნოლოგიები, ტრანსლაციური მედიცინა და ინკლუზიური ბალნეოლოგია: დამოუკიდებელი ცხოვრების ახალი შესაძლებლობები

მარინა შავლაყაძე^{1,2,3}, შორენა შავლაყაძე³,

გიორგი ნაზროშვილი^{2,3}

¹ საქართველოს უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

² საქართველოს გეგნიკუხი უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო

³ ა(ა)იპ ოჩგანიზაცია „ქიმია და ადამიანის ჯანმრთელობა“, თბილისი,

საქართველო

marishavlakadze@gmail.com

საკვანძო სიტყვები: დამხმარე ტექნოლოგიები; ტრანსლაციური მედიცინა; ინკლუზიური ბალნეოლოგია; რეაბილიტაცია; დამოუკიდებელი ცხოვრება; საზოგადოებრივი ჯანმრთელობა

თანამედროვე ჯანდაცვაში სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება ისეთი ინოვაციური გადაწყვეტილებების დანერგვა, რომლებიც არა მხოლოდ დაავადების მკურნალობას, არამედ ადამიანის დამოუკიდებლობის, ფუნქციური შესაძლებლობებისა და ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესებას ემსახურება. სწორედ ამ მიზანს აერთიანებს ტრანსლაციური მედიცინა, რომლის მთავარი ამოცანაა მეცნიერული კვლევების პრაქტიკულ კლინიკურ და საზოგადოებრივ შედეგებად გარდაქმნა.

დამხმარე ტექნოლოგიები (Assistive Technologies) წარმოადგენს ამ პროცესის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მიმართულებას. ისინი მოიცავს კომუნიკაციის, გადაადგილების, კვების, პირადი ჰიგიენის, რეაბილიტაციის, ჭკვიანი სახლისა და ტელემედიცინის სისტემებს, რომლებიც ხელს უწყობს შშმ პირების, ხანდაზმულებისა და ქრონიკული დაავადებების მქონე ადამიანების დამოუკიდებელ ცხოვრებას, სოციალური ჩართულობის გაზრდასა და ჯანმრთელობის შედეგების გაუმჯობესებას.

განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ინკლუზიური ბალნეოლოგიის კონცეფ-

ციას, რომელიც ბუნებრივ სამკურნალო რესურსებს თანამედროვე დამხმარე ტექნოლოგიებთან აერთიანებს. აუზის ლიფტები, ადაპტირებული ჰიდროთერაპიული სისტემები, წყლის ეტლები, ხელმისაწვდომი მინერალური აბაზანები და უნივერსალური დიზაინის პრინციპებზე დაფუძნებული ინფრასტრუქტურა ქმნის შესაძლებლობას, რომ ბალნეოლოგიური რეაბილიტაციის სერვისები ხელმისაწვდომი გახდეს საზოგადოების ყველა წევრისთვის.

საქართველოს, როგორც მდიდარი ბალნეოლოგიური რესურსების მქონე ქვეყანას, აქვს მნიშვნელოვანი პოტენციალი ინკლუზიური რეაბილიტაციისა და დამხმარე ტექნოლოგიების განვითარების მიმართულებით. ამ მიზნით პერსპექტიულია ტრანსლაციური კვლევების, ინოვაციური რეაბილიტაციის ლაბორატორიების, დამხმარე ტექნოლოგიების სადემონსტრაციო ცენტრებისა და ინკლუზიური ბალნეოლოგიური მოდელების შექმნა, რაც ხელს შეუწყობს როგორც სამეცნიერო პროგრესს, ისე ჯანდაცვის სისტემის განვითარებას.

წარმოდგენილი კონცეფცია აერთიანებს ტრანსლაციურ მედიცინას, ბიოინჟინერიას, რეაბილიტაციას, ბალნეოლოგიასა და საზოგადოებრივ ჯანმრთელობას და წარმოადგენს ინტერდისციპლინურ მოდელს, რომელიც ორიენტირებულია დამოუკიდებელი ცხოვრების, ინკლუზიისა და ჯანმრთელობის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობაზე.

Smart Independent Living Ecosystem: Integrating Assistive Technologies, Translational Medicine, and Inclusive Balneology

MARINE SHAVLAKADZE^{1,2,3}, SHORENA SHAVLAKADZE³,

GIORGI NATROSHVILI^{2,3}

¹ University of Georgia, Tbilisi, Georgia

² Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

³ NNLE Chemistry and Human Health, Tbilisi, Georgia

marishavlakadze@gmail.com

KEYWORDS: Assistive technologies; Translational medicine; Independent living; Inclusive balneology; Rehabilitation; Smart health

Advances in assistive technologies are transforming healthcare by enabling greater independence, improving quality of life, and promoting social inclusion for individuals with disabilities, older adults, and people undergoing rehabilitation. Within the framework of translational medicine, scientific innovations are increasingly translated into practical solutions that support independent living across healthcare, rehabilitation, and community environments.

This presentation introduces the concept of the **Smart Independent Living Ecosystem**, an integrated approach combining assistive technologies, rehabilitation robotics, smart

home systems, telemedicine, and inclusive health services. Particular attention is given to communication technologies, robotic feeding systems, mobility and transfer devices, smart environmental control, rehabilitation robotics, and digital health solutions that facilitate independent daily living.

A special focus is placed on **inclusive balneology**, highlighting how accessible spa and rehabilitation environments—including pool lifts, adapted hydrotherapy facilities, accessible mineral baths, and barrier-free infrastructure—can extend the benefits of natural therapeutic resources to a wider population. Integrating assistive technologies into balneological rehabilitation represents an innovative direction for patient-centered healthcare and functional recovery.

The presentation also discusses opportunities for Georgia to develop accessible rehabilitation services through interdisciplinary collaboration between medicine, engineering, public health, and natural therapeutic resource management. Proposed initiatives include assistive technology demonstration centers, smart rehabilitation laboratories, and inclusive balneological model facilities that could strengthen both healthcare delivery and scientific innovation.

The Smart Independent Living Ecosystem demonstrates how technological innovation, translational medicine, and inclusive rehabilitation can converge to create sustainable healthcare solutions that enhance autonomy, dignity, and participation in society. This interdisciplinary model represents a promising direction for future research, healthcare policy, and rehabilitation practice.

ხელოვნური ინტელექტისა და გაციფრუდების გავლენა საქართველოს ჯანდაცვის დასაქმების ბაზარზე 2027-2030 წლებში

კახაბერ ჯაკელი

პროფესორი, საქართველოს უნივერსიტეტი

k.jakeli@ug.edu.ge

<https://orcid.org/0000-0001-7505-5653>

საკვანძო სიტყვები: ჯანმრთელობის ბაზარი; დასაქმება;

ხელოვნური ინტელექტი; ციფრული მიგრაცია

ჩვენი კვლევის თემაა დასაქმების ბაზარი ქართულ ჯანდაცვაში ხელოვნური ინტელექტისა და ციფრული მიგრაციის გათვალისწინებით. ხელოვნური ინტელექტი და მანქანური სწავლება კომპიუტერული მეცნიერების დარგია, სადაც თქვენ ქმნით სისტემას, რომელიც მონაცემებს სწავლობს. ხელოვნური ინტელექტი და ციფრუ-

ლი სერვისები ფართოდ ვრცელდება ჯანმრთელობის დაცვის სფეროში, ავტომატიზირებული ყოველდღიური ოპერაციებიდან გადაწყვეტილების მიღებამდე. ნაშრომში განმარტებულია, თუ როგორ ცვლის ეს ტექნოლოგიები დასაქმების ბაზარს. ხელოვნური ინტელექტი და გაციფრულება ჯანდაცვის ინდუსტრიას განავითარებს. ტექნოლოგიების გავლენის 2027-2030 წლებში ქართული მედიცინის შრომის ბაზარი შეიცვლება. რა ადგილი ექნება ფიზიკურ ქმედებებს, ნიჭსა და განათლებას ჯანდაცვის სექტორში. მას შემდეგ, რაც ხელოვნურმა ინტელექტმა/მანქანურმა სწავლებამ შეაღწია ჯანდაცვის ინდუსტრიაში, სამუშაო ადგილები იცვლება და ბევრი სამუშაო ადგილი გაქრება, ახალი კი იქმნება. კერძოდ, ჯანდაცვა ამ ტექნოლოგიური პროგრესის ავანგარდში იყო და გამოიყენა ხელოვნური ინტელექტი/მანქანური სწავლება დისტანციური ჯანდაცვის სერვისები, სამედიცინო დიაგნოსტიკისა და საავადმყოფო სისტემების გასაფართოებლად.

ჯანდაცვაში ხელოვნური ინტელექტის უნარების ბაზარი 6-ჯერ უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე ყველა სხვა რგოლი. თუმცა, ხელოვნური ინტელექტის/მანქანური სწავლების დანერგვასთან ერთად უნდა მოხდეს სამუშაოს დიგიტალიზაცია და ზოგიერთი თანამშრომლის გადაადგილება. დღეს ყველაზე დიდი ინდუსტრია, რომელზეც ხელოვნური ინტელექტის/მანქანური სწავლების რევოლუციამ გავლენა მოახდინა, არის ჯანდაცვა. საავადმყოფოები და კლინიკები იყენებენ მათ უკეთესი რეზულტატისათვის. შეიცვლება დამსაქმებლების მიერ მოთხოვნილი უნარები – მეტი მონაცემთა ანალიზის, პროგრამირების და პრობლემების გადაჭრის უნარი.

ხელოვნური ინტელექტი/მანქანური სწავლება ასევე მრავალი ამოცანის ავტომატიზაცია მოახდენს მრავალი თანამშრომლის დაუსაქმებლობას. მედიცინის ხელოვნური ინტელექტი/მანქანური სწავლების ინჟინრები, მონაცემთა მეცნიერები, ალგორითმული ინჟინრები ბევრ დარგს ჩაანაცვლებენ. ამ ცვლილებებთან ადაპტაციისთვის, თანამშრომლებს დასჭირდებათ მრავალფეროვანი უნარების განვითარება, მათ შორის ტექნიკური ექსპერტიზის, კრეატიულობისა და ემოციური ინტელექტის განვითარება.

კვლევა რომელიც ჩატარდა არის ორი ტიპის, ექსპერტთა გამოკიხვა და ლიტერატურის ანალიზი. კვლევის რეზულტატი ისაა რომ ჩვენ უნდა მოვემზადოთ ახალი ტიპის ჯანდაცვის პროფესიონალების აღსაზრდელად.

The Impact of Artificial Intelligence and Digitalization on the Georgian Healthcare Employment Market in 2027-2030

KAKHABER DJAKELI

Professor, University of Georgia

k.jakeli@ug.edu.ge

<https://orcid.org/0000-0001-7505-5653>

KEYWORDS: health market; employment; artificial intelligence; digital migration

The topic of our research is the employment market in Georgian healthcare with artificial intelligence and digital migration in mind. Artificial intelligence and machine learning are fields of computer science where you create a system that learns from data. Artificial intelligence and digital services are widely used in the healthcare sector, from automated daily operations to decision-making. The paper explains how these technologies are changing the employment market. Artificial intelligence and digitalization will develop the healthcare industry. The impact of technology will change the Georgian medical labor market in 2027-2030. What place will physical actions, talent and education have in the healthcare sector. Since artificial intelligence/machine learning has penetrated the healthcare industry, jobs are changing and many jobs will disappear, while new ones will be created. Healthcare, in particular, has been at the forefront of this technological progress, using AI/machine learning to expand remote healthcare services, medical diagnostics, and hospital systems.

The market for AI skills in healthcare is growing 6 times faster than any other sector. However, the introduction of AI/machine learning will require the digitization of work and the displacement of some employees. Today, the largest industry affected by the AI/machine learning revolution is healthcare. Hospitals and clinics are using them to improve their performance. The skills required by employers will change – more data analysis, programming, and problem-solving skills.

AI/machine learning will also automate many tasks, making many employees unemployed. Medical AI/Machine Learning Engineers, Data Scientists, Algorithmic Engineers will replace many fields. To adapt to these changes, employees will need to develop a variety of skills, including technical expertise, creativity, and emotional intelligence.

The research that was conducted is of two types, expert opinion and literature review. The result of the research is that we need to prepare for the education of a new type of healthcare professional.

ჯანმრთელობის ზემოქმედების შეფასება და ციფრული ეკოსისტემა საქართველოში: მონიტორინგის სისტემის დანერგვის გზები და პერსპექტივები

დალი კეკელიძე

საქართველოს ახალგაზრდა მკვლევართა ასოციაციის თანადამფუძნებელი
ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და
მედიცინის ფაკულტეტი

საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის დოქტორი (საქართველო)
საერთაშორისო ჯანმრთელობის მაგისტრი (ესპანეთი)

შესავალი: ჯანმრთელობის ზემოქმედების შეფასება (ჯზშ) წარმოადგენს მტკიცებულებებზე დაფუძნებულ ინსტრუმენტს, რომელიც საშუალებას იძლევა წინასწარ შეფასდეს პოლიტიკური, სოციალური და გარემოსდაცვითი გადაწყვეტილებების პოტენციური ზეგავლენა მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე. საქართველოში ჯზშ-ის სისტემური გამოყენება ჯერ კიდევ ფორმირების ეტაპზეა, ხოლო ციფრული ინსტრუმენტების ინტეგრაცია ამ სფეროში პრაქტიკულად არ არის განვითარებული.

მიზანი: კვლევის მიზანია საქართველოში ჯზშ-ის ეროვნული მონიტორინგის სისტემის დანერგვის შესაძლებლობების შეფასება და ციფრული ეკოსისტემის გამოყენების პოტენციალის განსაზღვრა მოსახლეობის ჯანმრთელობის გაუმჯობესების კონტექსტში.

მეთოდოლოგია: კვლევაში გამოყენებულია შერეული მეთოდოლოგია: საქართველოს არსებული ჯანდაცვის პოლიტიკის დოკუმენტების სისტემური ანალიზი; ჯზშ-ის საერთაშორისო პრაქტიკის შედარებითი მიმოხილვა (ევროკავშირი, ჯანმო); და ციფრული ჯანმრთელობის სისტემების შეფასების თანამედროვე ჩარჩო-მოდელების გამოყენება.

მოსალოდნელი შედეგები: კვლევა მიზნად ისახავს: ჯზშ-ის ეროვნული მონიტორინგის ციფრული პლატფორმის არქიტექტურის შემუშავებას, GIS-ზე დაფუძნებული ჯანმრთელობისა და გარემოს ინდიკატორების სისტემის კონცეფციის წარდგენას და პოლიტიკის შემქმნელთათვის გადაწყვეტილებების მხარდაჭერი მოდელის შეთავაზებას.

დასკვნა: ციფრული ეკოსისტემის ინტეგრაცია ჯზშ-ის პროცესში შეიძლება გახდეს საქართველოში პრევენციული ჯანდაცვის პოლიტიკის ტრანსფორმაციის მამოძრავებელი ძალა, რომელიც უზრუნველყოფს ჯანმრთელობის რისკების ადრეულ გამოვლენას და ჯანმრთელობის უთანასწორობის შემცირებას.

Health Impact Assessment and Digital Ecosystem in Georgia: Pathways and Prospects for Establishing a National Monitoring System

DALI KEKELIDZE

*Co-founder of the Georgian Young Researchers Academy
Ilia State University, Faculty of Natural Sciences and Medicine
Doctor of Public Health (Georgia)
Master of International Health (Spain)*

Introduction: Health Impact Assessment (HIA) is an evidence-based tool that enables the prospective evaluation of the potential effects of policy, social, and environmental decisions on population health. In Georgia, the systematic application of HIA remains in its early stages, and the integration of digital tools in this field is virtually undeveloped.

Objective: This study aims to assess the feasibility of implementing a national HIA monitoring system in Georgia and to determine the potential of a digital ecosystem in improving population health outcomes.

Methodology: A mixed-methods approach is employed, including a systematic analysis of Georgia's existing public health policy documents, a comparative review of international HIA practices (EU, WHO), and the application of contemporary evaluation frameworks for digital health systems.

Expected Results: The study seeks to propose an architectural model for a national digital HIA monitoring platform, present a concept for a GIS-based health and environmental indicator system, and offer a decision-support dashboard model for policymakers.

Conclusion: Integrating a digital ecosystem into the HIA process has the potential to be a transformative force in Georgia's preventive health policy, enabling early identification of health risks and reducing health inequalities.

საკვები L-არგინინის ანტიოქსიდანტური ეფექტი კორტიკოსტერონით ინდუცირებული დეპრესიის ვირთაგვის მოდელში

ადეჰსანდრა ბურდუღი¹, თეკლა გვარამაძე²

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ბიოლოგიის დეპარტამენტი, ბიოქიმიის კათედრა

¹ ბიოლოგიის მიმართულება, ბაკადავხიატის მესამე კუხის სტუდენტი,

² გამოყენებითი ბიომეცნიერებებისა და ბიოტექნოლოგიის მიმართულება,
ბაკადავხიატის მესამე კუხის სტუდენტი

საკვანძო სიტყვები: დეპრესია; L-არგინინი; ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვა; ანტიოქსიდანტური სისტემა; კორტიკოსტერონი.

დეპრესია წარმოადგენს ფართოდ გავრცელებულ ფსიქიკურ დარღვევას, რომელიც აზიანებს ინდივიდს და იწვევს სერიოზულ პირად და სოციალურ-ეკონომიკურ შედეგებს. მიუხედავად ინტენსიური კვლევებისა, ბოლომდე მაინც არ არის დადგენილი დაავადების საბოლოო მექანიზმი და მკურნალობის გზები. ექსპერიმენტში შესწავლილი იყო დიეტური L-არგინინის (L-Arg) გავლენა, კორტიკოსტერონით გამოწვეული დეპრესიული ვირთაგვების თავის ტვინის პრეფრონტალური ქერქისა და ჰიპოკამპის ანტიოქსიდანტურ სისტემაზე. აღმოჩნდა, რომ L-Arg-ის ყოველდღიური მიღება 14 დღის განმავლობაში დოზით 150 მგ/კგ მნიშვნელოვნად ცვლიდა დეპრესიული ვირთაგვების როგორც ქცევით პარამეტრებს, ასევე აუმჯობესებდა მათ კოგნიტურ ფუნქციებსაც. ამავე დროს შეინიშნებოდა სეროტონინის რაოდენობრივი მატებაც თავის ტვინის საკვლე უბნებში.

L-Arg – ის ანტიოქსიდანტური ეფექტის შესასწავლად დეპრესიული ინდივიდების საკვლე უბნებში განსაზღვრული იყო ისეთი მაჩვენებლები, როგორებიცაა მალონის დიალდეჰიდის, აზოტის ოქსიდისა და წყალბადის ზეჟანგის რაოდენობა.

მიღებულმა მონაცემებმა აჩვენა, რომ დეპრესიის პირობებში შეინიშნება ამ მაჩვენებლების რაოდენობის მატება, რაც მიუთითებს დეპრესიის პირობებში ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის პროცესის გაძლიერებას. პარალელურად ნანახი იქნა, რომ ეს მონაცემები საკონტროლო მაჩვენებელს უბრუნდება L-Arg-ის 14 დღიანი მიღებით. მიღებული მონაცემების გათვალისწინებით, სავარაუდოა რომ არგინინისათვის დამახასიათებელი უნდა იყოს ლიპიდების ზეჟანგური ჟანგვის საწინააღმდეგო მოქმედება.

შემდგომ ექსპერიმენტში შესწავლილი იქნა საკონტროლო და დეპრესიულ ვირთაგვების პრეფრონტალურ ქერქსა და ჰიპოკამპის უჯრედებში ანტიოქსიდანტური სისტემის ფერმენტების სოდ-ისა და კატალაზას აქტივობა. ნანახი იქნა, რომ დეპრესიული ცხოველების საკვლევ უბნებში საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, მათი აქტივობა მნიშვნელოვნადაა დაქვეითებული, თუმცა L-არგინინის მიღება სარწმუნოდ ზრდიდა მათ აქტივობას და იგი საკონტროლო ჯგუფის მაჩვენებელს უახლოვდებოდა.

ამდენად, მიღებული მონაცემები მიუთითებენ, რომ კორტიკოსტერონით გამოწვეული დეპრესიის პირობებში ადგილი აქვს ანტიოქსიდანტური სისტემის ფერმენტების (სოდ, კატალაზა) აქტივობის დაქვეითებას, თუმცა დიეტური არგინინის შეყვანა ზრდის მათი აქტივობის მაჩვენებელს. აღნიშნული ფერმენტების აქტივობის ცვლილების მიზეზის დასადგენად შესწავლილი იქნა მათი კინეტიკური პარამეტრები. კვლევებმა აჩვენა, რომ აქტივობის ცვლილების მიზეზს წარმოადგენს დეპრესიის პირობებში მათი რაოდენობრივი შემცირება, რაც შესაძლებელია გამოწვეული იყოს სინთეზური პროცესების შეფერხებით.

Antioxidant effect of dietary L-arginine in a rat model of corticosterone-induced depression

ALEXANDRA BURDULI¹, TEKLA GVARAMADZE²

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Department of Biology

¹ *Third-year Undergraduate Student in Biology,*

² *Third-year Undergraduate Student in Applied Biosciences and Biotechnology*

KEYWORDS: depression; L-arginine; lipid peroxidation; antioxidant system; corticosterone.

Depression is a widespread psychiatric disorder that affects individuals significantly, leading to serious personal and socio-economic consequences. Despite intensive research, the definitive underlying mechanisms of disease and optimal pathways for treatment remain not fully determined.

This experiment investigated the influence of dietary L-arginine (L-Arg) on the antioxidant systems of the prefrontal cortex and hippocampus in rats with corticosterone-in-

duced depression. The results revealed that daily administration of L-Arg at a dosage of 150 mg/kg for 14 days significantly altered the behavioral parameters of the depressive rats and improved their cognitive functions. Simultaneously, a quantitative increase in serotonin levels was observed in the studied brain regions.

To evaluate the antioxidant effect of L-Arg, markers such as malondialdehyde (MDA), nitric oxide (NO), and hydrogen peroxide (H₂O₂) levels were measured in the subject areas. The data indicated that these parameters increase under depressive conditions, signaling, and intensification of the lipid peroxidation process. On the contrary, it was observed that these values returned to control levels following the 14-day L-Arg treatment. Based on these results, it is possible that L-arginine possesses potent anti-lipid peroxidation characteristics.

Furthermore, the experiment examined the activity of the antioxidant enzymes, Superoxide Dismutase (SOD) and Catalase (CAT) in the cells of the prefrontal cortex and hippocampus of both control and depressive rats. It was found that their activity was significantly reduced in the depressive group compared to the control group. However, the administration of L-arginine significantly increased their activity, bringing it close to control levels.

Consequently, the data suggest that while corticosterone-induced depression leads to a decrease in the activity of antioxidant enzymes (SOD, Catalase), dietary arginine supplementation effectively restores these levels. To determine the cause of these enzymatic changes, their kinetic parameters were analyzed. The research demonstrated that the change in activity is due to a quantitative reduction of enzymes under depressive conditions, likely caused by an inhibition of their synthetic processes.

ვედური ბუნების ტუბერკულოზი საქართველოში: გენეტიკური მრავალფეროვნების, გეოგრაფიული გავრცელებისა და საზოგადოებრივი ჯანდაცვის ტვირთის კვლევა „ერთიანი ჯანმრთელობის“ მიდგომით

თენგიზ ყურაშვილი¹, ეკატერინე ხანგაძე², გიორგი ჯიქია¹,

თაბა მუსაელიანი¹, დავან მაკარაძე¹, დავან ციციშვილი¹

¹ სსიპ ივანე ბეჩიჭაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრი, თბილისი, საქართველო

² სსიპ დ. საყვავილედიძის სახელობის დაავადებათა კონტროლისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის ეროვნული ცენტრი (NCDC), ხიჩაძე დუგაძის სახელობის საზოგადოებრივი ჯანდაცვის კვლევითი ცენტრი, თბილისი, საქართველო

საკვანძო სიტყვები: ერთიანი ჯანმრთელობა; *Mycobacterium bovis*; მთლიანი გენომის სეკვენირება; ეპიდემიოლოგია; ზოონოზები

შესავალი: ველური ბუნების ტუბერკულოზი, სულ უფრო მეტად განიხილება, როგორც გლობალური გამოწვევა ცხოველთა ჯანმრთელობის, საზოგადოებრივი ჯანდაცვისა და ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციისთვის. ველური ბუნების არაერთი სახეობა წარმოადგენს *Mycobacterium bovis*-ისა და *Mycobacterium tuberculosis*-ის კომპლექსის (MTBC) სხვა წევრების რეზერვუარს (ძირითად მასპინძელს), რაც ხელს უწყობს პათოგენის გადაცემას შინაურ პირუტყვსა და ადამიანებზე. მიუხედავად იმისა, რომ საქართველო ევროპასა და აზიას შორის სტრატეგიულ ეკოლოგიურ დერეფანს იკავებს, სამხრეთ კავკასიაში ველური ბუნების ტუბერკულოზის ეპიდემიოლოგია ფაქტობრივად უცნობია. აღნიშნული პროექტი წარმოადგენს საქართველოში ველური ბუნების ტუბერკულოზის პირველ კომპლექსურ კვლევას „ერთიანი ჯანმრთელობის“ მიდგომით. პროექტის მიზანია ველური ბუნების რეზერვუარების იდენტიფიცირება, ცირკულირებადი (MTBC) შტამების დახასიათება და ველურ ბუნებასთან ასოცირებული ტუბერკულოზით გამოწვეული პოტენციური ჯანდაცვითი ტვირთის შეფასება.

მეთოდები: ქვეყნის მასშტაბით ჩატარდება განივი კროს-სექციური კვლევა, რომლისთვისაც ნიმუშები შეგროვდება ოპორტუნიტულად — კანონიერად მონადირებული და მკვდარი ნაპოვნი ცხოველებიდან. სამიზნე სახეობებს მიეკუთვნება: ევროპული მაჩვი (*Meles meles*), გარეული ღორი (*Sus scrofa*), მელა, კვერნა, არჩვი და სხვა პოტენციური რეზერვუარი მასპინძლები. სტანდარტიზებული ნეკროფსიისა და პათომორფოლოგიური შეფასების გზით გამოკვლეული იქნება დაახლოებით 500–700 ცხოველი. ლაბორატორიული კვლევები მოიცავს ბაქტერიოლოგიურ კულტივირებას, ჰისტოპათოლოგიას, კონვენციურ და რეალურ დროში პოლიმერაზულ ჯაჭვურ რეაქციას, სპოლიგოტიპირებას, 24-ლოკუსიან MIRU-VNTR ტიპირებასა და მთლიანი გენომის სეკვენირებას.

მოსალოდნელი შედეგები: კვლევის შედეგად მოსალოდნელია საქართველოში ველური ბუნების ტუბერკულოზის პრევალენტობის, გენეტიკური მრავალფეროვნებისა და სივრცითი გავრცელების ამსახველი პირველი ეროვნული მონაცემთა ბაზის შექმნა. MTBC იზოლატების მოლეკულური დახასიათება გააუმჯობესებს ველური ბუნება-შინაური პირუტყვი-ადამიანის ინტერფეისზე ინფექციის გადაცემის დინამიკის გაგებას და გამოავლენს იმ პოტენციურ რეზერვუარებს, რომლებიც ხელს უწყობენ ინფექციის შენარჩუნებას.

დასკვნა: აღნიშნული პროექტი საფუძველს ჩაუყრის სამხრეთ კავკასიაში ველური ბუნების ტუბერკულოზის ზედამხედველობის პირველ ინტეგრირებულ სისტემას, რომელიც დაეფუძნება მოწინავე მოლეკულურ ეპიდემიოლოგიასა და გენომურ ტექნოლოგიებს „ერთიანი ჯანმრთელობის“ კონცეფციის ფარგლებში. მიღებული მტკიცებულებები განამტკიცებს რეგიონულ ბიოუსაფრთხოებას, გააუმჯობესებს ზოონოზური ტუბერკულოზის რისკების შეფასებას, ხელს შეუწყობს პოლიტიკის შემუშავებას ველური ბუნებისა და შინაური ცხოველების დაავადებების მართვის მიმართულებით და შექმნის სამეცნიერო საფუძველს ტუბერკულოზის კონტროლის სფეროში სამომავლო საერთაშორისო თანამშრომლობისთვის.

Wildlife Tuberculosis in Georgia: A One Health Investigation of Genetic Diversity, Geographic Distribution and Public Health Burden

TENGIZ KURASHVILI¹, EKATERINE ZANGALADZE², GOGI JIKIA¹,

TEA MUSELIANI¹, LEVAN MAKARADZE¹, LEVAN TSITSKISHVILI¹

¹ LEPL Ivane Beritashvili Center of Experimental Biomedicine, Tbilisi, Georgia

² LEPL National Center for Disease Control and Public Health (NCDC), Richard Lugar Center for Public Health Research, Tbilisi, Georgia

KEYWORDS: One Health; *Mycobacterium bovis*; Whole-genome sequencing; Molecular epidemiology; Zoonoses

Introduction: Wildlife tuberculosis (TB) is increasingly recognized as a major challenge to animal health, public health, and biodiversity conservation. Numerous wildlife species serve as maintenance hosts of *Mycobacterium bovis* and other members of the *Mycobacterium tuberculosis* complex (MTBC), facilitating pathogen transmission to livestock and humans. Despite Georgia occupying a strategic ecological corridor between Europe and Asia, the epidemiology of wildlife tuberculosis in the South Caucasus remains virtually unknown. This project represents the first comprehensive One Health investigation of wildlife TB in Georgia, aiming to identify wildlife reservoirs, characterize circulating MTBC strains, and estimate the potential health burden associated with wildlife-associated tuberculosis.

Methods: A nationwide cross-sectional study will be conducted using samples collected opportunistically from legally hunted wildlife and animals found dead. Target species include European badger (*Meles meles*), wild boar (*Sus scrofa*), foxes, martens, chamois, and other potential reservoir hosts. Approximately 500–700 animals will be examined through standardized necropsy and pathological assessment. Laboratory investigations will include bacteriological culture, histopathology, conventional and real-time PCR, spoligotyping, 24-locus MIRU-VNTR typing, and whole-genome sequencing.

Expected Results: The study is expected to generate the first national database describing the prevalence, genetic diversity, and spatial distribution of wildlife tuberculosis in Georgia. Molecular characterization of MTBC isolates will improve understanding of transmission dynamics at the wildlife–livestock–human interface and identify potential reservoirs sustaining infection.

Conclusions: This project will establish the first integrated wildlife tuberculosis surveillance framework in the South Caucasus using advanced molecular epidemiology and genomic technologies within a One Health approach. The generated evidence will strengthen regional biosecurity, improve zoonotic tuberculosis risk assessment, support policy development for wildlife and livestock disease management, and provide a scientific foundation for future international collaborations on tuberculosis control.

Amphiphilic Pseudoproteins for Biomedical Applications

NINO ZAVRADASHVILI, NINO KUPATADZE, NATIA OCHKHIKIDZE,

MAREKH GVERDTSITELI, RAMAZ KATSARAVA

Institute of Chemistry and Molecular Engineering,

Agricultural University of Georgia

N.Zavradashvili@agruni.edu.ge

KEYWORDS: Pseudoproteins; Amphiphilic polymers; Biodegradable polymers; Biomaterials; Micelles; Nanoparticles

Pseudoproteins (PPs) are synthetic α -amino acid-based polymers that mimic certain structural and functional features of natural proteins (biomimetics). Their backbones contain hydrolytically degradable ester bonds together with amide, urea, or urethane linkages, providing a combination of biodegradability and desirable physicochemical properties. However, most PPs are hydrophobic and exhibit limited water solubility, which can restrict their biomedical applications.

In this work, biodegradable amphiphilic pseudoproteins were synthesized by grafting poly(ethylene glycol) (PEG) onto a leucine-based unsaturated poly(ester amide) backbone via Michael addition. The resulting materials readily self-assembled into nanosized micelles and effectively stabilized polymeric nanoparticles prepared by nanoprecipitation, while simultaneously providing a protective PEG shell. The synthesized amphiphilic pseudoproteins demonstrated favorable characteristics for biomedical use, highlighting their potential as micellar drug delivery systems, surfactants, and nanoparticle coating materials.

ბიოსამედიცინო დანიშნულების ამფიფილური ფსევდოპროტეინები

ნინო ზავრდაშვილი, ნინო კუპატაძე, ნატია ოჩხიკიძე,

მარეხ გვერდსთელი, რამაზ კატარავა

ქიმიისა და მოლეკულური ინჟინერიის ინსტიტუტი,

საქართველოს აგრიკულური უნივერსიტეტი

N.Zavradashvili@agruni.edu.ge

საკვანძო სიტყვები: ფსევდოპროტეინები; ამფიფილური პოლიმერები; ბიოდეგრადირებადი პოლიმერები; ბიომასალები; მიცელები; ნანონაწილაკები

ფსევდოპროტეინები (PPs) α -ამინომჟავების საფუძველზე მიღებული პოლიმერები – ცილების სინთეზური ანალოგები (ბიომიმეტიკები), რომლებიც ბუნებრივი ცილების გარკვეულ სტრუქტურულ და ფუნქციურ მახასიათებლებს იმეორებენ. მათი მაკრომოლეკულური ჯაჭვი ჰიდროლიზურად დეგრადირებად ესტერულ ბმებთან ერთად შეიცავს ამიდურ, შარდოვანულ ან ურეთანულ ბმებს, რაც უზრუნველყოფს ბიოდეგრადირებადობისა და სასურველი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შერწყმას. თუმცა, ფსევდოპროტეინების უმეტესობა ჰიდროფობურია და წყალში შეზღუდული ხსნადობით ხასიათდება, რაც ამცირებს მათი ბიოსამედიცინო გამოყენების არეალს.

წარმოდგენილი სამუშაოს ფარგლებში, ამფიფილური ბიოდეგრადირებადი ფსევდოპროტეინები მიღებულ იქნა ლეიციინზე დაფუძნებული უჯერი ბმების შემცველი პოლი(ესტერამიდის) პოლიმერულ ჯაჭვზე პოლი(ეთილენგლიკოლის) (PEG) მიერთებით, მიხაელის რეაქციის საშუალებით. მიღებულმა ამფიფილურმა მასალებმა წყალხსნარებში წარმოქმნეს ნანოზომის დიაპაზონის მიცელები და ეფექტურად დაასტაბილურეს ნანოდანალექვის მეთოდით მიღებული პოლიმერული ნანონაწილაკები, ამავედროულად უზრუნველყვეს მათი ზედაპირის დამცავი PEG-გარსით დაფარვა. მიღებული შედეგები ადასტურებს, რომ სინთეზირებული ამფიფილური ფსევდოპროტეინები პერსპექტიული მასალებია მიცელარული წამლის მიწოდების სისტემების, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებისა და ნანონაწილაკების დამცავი საფარის ფორმირებისთვის.

ტრადიციული მედიცინის ასახვა დაავადებათა ახალ საერთაშორისო კლასიფიკატორში – ICD11

ეკატერინე სანიკიძე

მედიცინის აკ. დოქტორი, თსსუ ასოც. პროფესორი, თბილისის ბაღნეოლოგიური კურორტის სამედიცინო ხელ-ღი

საკვანძო სიტყვები: დსკ11 – ICD11; ფიზიკური და სარეაბილიტაციო მედიცინა (PRM); ტრადიციული მედიცინა; რეაბილიტაცია; სპა

საუკუნეების განმავლობაში ტრადიციული მედიცინის მიმართ ინტერესი და ნდობა არ დაკარგულა. უფრო მეტიც, ბოლო წლებში მსოფლიო განვითარებული სამედიცინო ცენტრები ინტეგრაციული მედიცინის კლინიკებს ხსნიან, რათა პაციენტებს ორივე – კონვენციური და ტრადიციული მედიცინის მეთოდების გამოყენებით დაუსვან დიაგნოზები და დაუნიშნონ მკურნალობა თუ ზრუნვა-მოვლა. ამ ფაქტმა ერთგვარად დააჩქარა ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის გადაწყვეტილება, ცალკე შეეტანა ტრადიციული მედიცინის თავი დაავადებათა ახალ საერთაშორისო კლასიფიკაციაში.

კვლევა მიზანდ ისახავდა, განეხილა, ჯანმრთელობის რა მდგომარეობებია და

როგორი სისტემითაა კოდირებული ისინი ამ თავში; ტრადიციული მედიცინის რომელი სამკურნალო მეთოდებია შეტანილი და კრიტერიუმებით არის შერჩეული; ეფუძნება თუ არა ტრადიციული მედიცინის კოდირებული თემები მტკიცებითი მედიცინას და, ზოგადად, რატომ გახდა საჭირო დსკ11-ში ტრადიციული მედიცინის შეტანა.

მიმოხილვით და ხარისხობრივი მეთოდების გამოყენებით, ასევე, ამ საკითხზე არსებული სტატიების მეტაანალიზის გზით, ჩვენ დავასკვნით, რომ ტრადიციული, ფიზიკური მედიცინის, კურორტოლოგიის, ბალნეო და ჰიდროთერაპიის ასახვა, პირველ რიგში, ამ მეთოდებით მკურნალობის აღრიცხვიანობას, ხილვადობას, მონესრიგებას და ეფექტიანობის შეფასებას ისახავს მიზნად; ეს გაუადვილებს სამედიცინო რეაბილიტაციის დარგის სპეციალისტებსა და ტრადიციული მეთოდებით მკურნალებს პაციენტის მართვის ორგანიზებასა და ასახვას შესაბამის დოკუმენტებში; ასევე, ამ მიმართულებით კვლევების გაძლიერებასა და კლასიფიკაციის შემდგომ გადახედვებში ტრადიციული მედიცინის მტკიცებულებებზე დაფუძნებული მეთოდების გამოყოფას.

კვლევამ აჩვენა, რომ დსკ11-ის დანერგვას ჯერ – ჯერობით ქვეყნების უმრავლესობაში არაერთი დაბრკოლება აქვს, თუმცა, ტრადიციული მედიცინის ასახვით ამ კლასიფიკაციაში დასაბუთებულად არის მოსალოდნელი არამართო კლინიკური, არამედ ფინანსური და ფსიქო-სოციალური სარგებელი. ეს კი, ნდობის გაძლიერების გარდა, შეამცირებს ჯანდაცვით გამოწვეულ ეკონომიკურ ტვირთს როგორც სახელმწიფოებსა და სადაზღვევო კომპანიებზე, ასევე – ოჯახებზე.

Reflection of Traditional Medicine in International Classification of Diseases – ICD11

EKATERINE SANIKIDZE

Medical Director at the Tbilisi Balneological Resort, Md, PhD, Assoc. Prof. at TSMU

KEYWORDS: ICD11; PR; M; TM; Rehabilitation; Spa

Over the centuries, interest in and trust in traditional medicine has not waned. Moreover, in recent years, advanced medical centers around the world have been opening integrative medicine clinics to diagnose and treat patients using both – conventional and traditional medicine methods. This fact has somewhat accelerated the decision of the World Health Organization to include a separate chapter on traditional medicine in the new International Classification of Diseases.

The study aimed to discuss what health conditions are and how they are coded in this chapter; which traditional medicine treatment methods are included and by which criteria were they selected; whether the coded topics of traditional medicine are based on evidence-based medicine and, in general, why it became necessary to include traditional medicine in the ICD-11.

Using a Grounded theory, review and qualitative methods, as well as a meta-analysis of existing articles on this topic, we concluded that the reflection of traditional, physical medicine, balneology, balneotherapy and hydrotherapy, primarily aims to ensure the recordability, visibility, regulation and assessment of the effectiveness of treatment with these methods; this will make it easier for specialists in the field of medical rehabilitation and traditional healers to manage patients and reflect it in relevant documents; as well as to strengthen research in this direction and highlight evidence-based methods of traditional medicine in subsequent revisions of the classification.

The study showed that the implementation of the ICD-11 still has a number of obstacles in most countries, however, reflecting traditional medicine in this classification can reasonably be expected to bring not only clinical, but also financial and psychosocial benefits. This, in addition to strengthening trust, will reduce the economic burden caused by healthcare on both states and insurance companies, as well as families.

საქართველოს დაბორატორიების ასოციაციის (GeLab) როლი ქვეყნის ხარისხის ინფრასტრუქტურის მდგრად განვითარებაში

ეკატერინე კოკლაშაძე

საქართველოს დაბორატორიების ასოციაცია (GeLab), გამგეობის წევრი

საკვანძო სიტყვები: ხარისხის ინფრასტრუქტურა; ლაბორატორიები;
ISO/IEC 17025; აკრედიტაცია; შესაბამისობის შეფასება; GeLab;
მდგრადი განვითარება

ქვეყნის ხარისხის ინფრასტრუქტურა (Quality Infrastructure – QI) წარმოადგენს ეკონომიკური განვითარების, მომხმარებელთა უსაფრთხოების, საერთაშორისო ვაჭრობისა და მდგრადი განვითარების ერთ-ერთ ფუნდამენტურ საფუძველს. ხარისხის ინფრასტრუქტურის ეფექტიან ფუნქციონირებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ლაბორატორიებს, აკრედიტაციის სისტემას, სტანდარტიზაციასა და შესაბამისობის შეფასების მექანიზმებს. ამ პროცესში მნიშვნელოვანი როლი ეკისრება პროფესიულ და სექტორულ ასოციაციებს, რომლებიც წარმოადგენენ დამაკავშირებელ რგოლს სახელმწიფო ინსტიტუტებს, აკადემიურ სექტორსა და კერძო ინდუსტრიას შორის.

საქართველოს ლაბორატორიების ასოციაცია (GeLab), რომელიც 2013 წელს დაფუძნდა, მიზნად ისახავს საქართველოში ლაბორატორიული სექტორის განვითარებას, საერთაშორისო მოთხოვნებთან ჰარმონიზაციასა და ხარისხის კულტურის გაძლიერებას. ასოციაცია აერთიანებს 40-ზე მეტ ლაბორატორიას სხვადასხვა სფეროდან და აქტიურად თანამშრომლობს ეროვნულ და საერთაშორისო ორგანიზაციებთან.

GeLab-ის საქმიანობის ძირითადი მიმართულებებია ISO/IEC 17025, ISO 15189, ISO/IEC 17020 და ISO/IEC 17043 სტანდარტების მიმართულებით ტრენინგებისა და კონსულტაციების განხორციელება, აკრედიტაციის პროცესის მხარდაჭერა, პროფესიული კომპეტენციების განვითარება და საუკეთესო საერთაშორისო პრაქტიკის დანერგვა.

ასოციაცია აქტიურად არის ჩართული ეროვნული ხარისხის ინფრასტრუქტურის განვითარებაში საქართველოს აკრედიტაციის ცენტრთან (GAC), საქართველოს სტანდარტებისა და მეტროლოგიის ეროვნულ სააგენტოსთან (GEOSTM), გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროსთან (MEPA), უნივერსიტეტებთან და საერთაშორისო ორგანიზაციებთან (UNIDO, PTB, GIZ, UNECE, EURACHEM, EUROLAB) თანამშრომლობით.

GeLab-ის საქმიანობა მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს საქართველოს ევროკავშირის მოთხოვნებთან დაახლოებაში, მათ შორის DCFTA-ის, სამშენებლო პროდუქტების რეგულაციის (CPR) და სხვა ევროპული მოთხოვნების შესრულებაში. ასევე ხელს უწყობს ექსპორტის კონკურენტუნარიანობის ზრდას, მომხმარებელთა უსაფრთხოების უზრუნველყოფას, ინოვაციების განვითარებასა და მდგრადი განვითარების მიზნების (SDGs) მიღწევას.

განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა თანამედროვე ტექნოლოგიების, მათ შორის ლაბორატორიული ინფორმაციის მართვის სისტემების (LIMS), ციფრული ტრანსფორმაციის, ხელოვნური ინტელექტისა და მონაცემთა მართვის თანამედროვე მიდგომების პოპულარიზაციას.

დასკვნა

სექტორული პროფესიული ასოციაციები მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს წარმოადგენენ ხარისხის ინფრასტრუქტურის განვითარებისათვის. საქართველოს ლაბორატორიების ასოციაციის მრავალწლიანი საქმიანობა აჩვენებს, რომ სახელმწიფოს, ბიზნესის, აკადემიური სექტორისა და საერთაშორისო პარტნიორების თანამშრომლობა ქმნის მდგრად საფუძველს ლაბორატორიული სისტემის განვითარებისთვის, საერთაშორისო აღიარების გასაძლიერებლად და ქვეყნის ეკონომიკური კონკურენტუნარიანობის ასამაღლებლად.

The Role of the Georgian Laboratory Association (GeLab) in the Sustainable Development of the National Quality Infrastructure

EKATERINE KOPLATADZE

Board Member, Georgian Laboratory Association (GeLab)

KEYWORDS: Quality Infrastructure; Laboratories; ISO/IEC 17025; Accreditation; Conformity Assessment; GeLab; Sustainable Development.

Quality Infrastructure (QI) is a fundamental pillar for economic growth, consumer protection, international trade, and sustainable development. Reliable laboratories, accreditation systems, standardization, and conformity assessment are essential components of an effective QI ecosystem. Professional associations play a key role in connecting public institutions, academia, and industry while promoting quality culture and technical competence.

Established in 2013, the Georgian Laboratory Association (GeLab) is a non-profit professional organization dedicated to strengthening laboratory infrastructure in Georgia and supporting alignment with international and European quality requirements. Today, GeLab brings together more than 40 laboratories from different sectors and actively cooperates with national and international stakeholders.

The Association's activities focus on professional training and consultancy in ISO/IEC 17025, ISO 15189, ISO/IEC 17020, and ISO/IEC 17043 standards, support for accreditation processes, competence development, and dissemination of international best practices.

GeLab actively contributes to the development of Georgia's Quality Infrastructure through cooperation with the Georgian Accreditation Center (GAC), the Georgian National Agency for Standards and Metrology (GEOSTM), the Ministry of Environmental Protection and Agriculture (MEPA), universities, and international organizations including UNIDO, PTB, GIZ, UNECE, EURACHEM, and EUROLAB.

The Association supports Georgia's approximation to European regulatory requirements, including the DCFTA framework and the Construction Products Regulation (CPR), while strengthening export competitiveness, consumer protection, innovation, and implementation of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs).

Special attention is devoted to promoting digital transformation in laboratories, including Laboratory Information Management Systems (LIMS), artificial intelligence applications, digital data management, and other innovative technologies.

Conclusion

Professional sectoral associations represent an important mechanism for strengthening national Quality Infrastructure. The experience of the Georgian Laboratory Association demonstrates that close cooperation between government, industry, academia, and international partners significantly contributes to the development of competent laboratories, international recognition, and sustainable economic growth. Strengthening laboratory capacity ultimately enhances public safety, market confidence, and the competitiveness of Georgian products and services in international markets.

მთიანი აჭარის ზოგიერთი წყაროს წყლის ხარისხობრივი მაჩვენებლების შედარებითი დახასიათება

ნინო კიკნაძე

ბათუმის შოთა ჟუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ასოცირებული პროფესორი

ნანი გვარამაძე

ბათუმის შოთა ჟუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი, ასოცირებული პროფესორი,

ანა ხახუჭაიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიის სპეციალობის დოქტორი, შპს „დევი“-ს საგამოცდო დაბოხატოების უფროსი/ხაზისხის მენეჯერი

თამთა შავაძე

ბათუმის შოთა ჟუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის ქიმიის სპეციალობის II კუხის სტუდენტი

მარიამ ირემაძე

ბათუმის შოთა ჟუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის ქიმიის სპეციალობის II კუხის სტუდენტი

მარიამ გომიგაძე

ბსუ-ს აგეოგრაფიული და მეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სპეციალისტი, ეკოლოგიის ბაკალავრი

გელა სურმანიძე

ბათუმის შოთა ჟუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის ეკოლოგიის სპეციალობის მაგისტრი

საკვანძო სიტყვები: წყაროს წყალი; ანალიზი; მაჩვენებლები; შეფასება

კვლევის მიზანი იყო მაღალმთიანი აჭარის სამი წყაროს წყლის (სოფ. გულები, ბუთურაული, ქვემო ვაშლოვანი) ორგანოლექტიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და სანიტარულ-ჰიგიენური შეფასება. განისაზღვრა ძირითადი სავსე პარამეტრები, იონური და ელემენტური შემადგენლობა, ნუტრიენტები და ბაქტერიოლოგიური მაჩვენებლები. შედეგებმა აჩვენა განსხვავებები ლოკაციებს შორის: სოფ. გულების წყალი ხასიათდება საშუალო მინერალიზაციით, მჟავ რეაქციით და რკინის მაღალი შემცველობით (ჰიდროქსიმიური ტიპი: Ca-Mg-SO_4). ბუთურაულის წყალი დაბალმინერალ-

ლიზებულია, აქ აღინიშნა ნიტრიტების მატებადა *E.coli*-ის არსებობა, რაც მიუთითებს წყლის ფეკალურ დაბინძურებაზე (ჰიდროქიმიური ტიპი: $\text{HCO}_3\text{-Ca}$). სოფ. ქვემო ვაშლოვანის წყალი გამოირჩევა დაბალი მინერალიზაციით, სტაბილური ქიმიური მაჩვენებლებით და ბაქტერიოლოგიური სისუფთავით (ჰიდროქიმიური ტიპი: $\text{HCO}_3\text{-Ca}$). წყლის ხარისხი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული გეოლოგიურ გარემოსა და ანთროპოგენურ ზემოქმედებაზე. ქვემო ვაშლოვანი შეფასდა როგორც ყველაზე სუფთა და სასმელად ვარგისი წყარო, ბუთურაული – სანიტარულად დაბინძურებულია და საჭიროებს დეზინფექციას, გულების წყალი – სასმელად ვარგისია მხოლოდ წინასწარი დამუშავების შემდეგ.

Comparative Characterization of the Quality Indicators of Selected Spring Waters in Mountainous Adjara

NINO KIKNADZE

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Agricultural Sciences,
Chief Research Scientist, Associate Professor*

NANI GVARISHVILI

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor*

ANA KHAKHUTAISHVILI

*PhD Candidate in Chemistry, Georgian Technical University; Head/Quality Manager
of the Testing Laboratory, LLC "Legi"*

TAMTA SHAVADZE

*Second-Year Student of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University*

MARIAM IREMADZE

*Second-Year Student of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University*

MARIAM GOGITIDZE

*Specialist at the Institute of Agrarian and Membrane Technologies, BSU;
Bachelor of Ecology*

GELODI SURMANIDZE

*Master's Student in Ecology, Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University*

KEYWORDS: spring water; water quality; physicochemical parameters; bacteriological analysis; mountainous Adjara

The aim of the study was to assess the organoleptic, physicochemical, and sanitary-hygienic characteristics of spring waters from three locations in mountainous Adjara (Gulebi, Buturauli, and Kvemo Vashlovani villages). The study included the determination of key field parameters, ionic and elemental composition, nutrient concentrations, and bacteriological indicators.

The results revealed significant differences in water quality characteristics among the studied sites. The spring water from Gulebi village is characterized by moderate mineralization, slightly acidic reaction, and elevated iron content; its hydrochemical type is Ca-Mg-SO_4 . The water from Buturauli village has low mineralization; however, increased nitrite concentrations and the presence of *Escherichia coli* were detected, indicating fecal contamination. Its hydrochemical type is $\text{HCO}_3\text{-Ca}$. The spring water from Kvemo Vashlovani village is distinguished by low mineralization, stable physicochemical parameters, and bacteriological purity; its hydrochemical type is also $\text{HCO}_3\text{-Ca}$.

The findings indicate that water quality is strongly influenced by both geological conditions and anthropogenic factors. Among the investigated springs, the water from Kvemo Vashlovani exhibited the highest quality and fully met drinking water standards. The water from Buturauli was found to be microbiologically contaminated and requires appropriate treatment and disinfection, whereas the water from Gulebi is suitable for drinking only after preliminary treatment.

საქართველოს ზოგიერთი მდინარის წყლის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების სივრცობრივ-ტემპორალური შეფასება

ნინო კიკნაძე

ბათუმის შოთა ჰუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, სოფლის მეურნეობის
მეცნიერებათა ფაკულტეტი, ასოცირებული პროფესორი,
მთავარი მეცნიერ-თანამშრომელი

ნანი გვარიშვილი

ბათუმის შოთა ჰუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ბიოლოგიის
ფაკულტეტი, ასოცირებული პროფესორი

გელა სურმანიძე

ბათუმის შოთა ჰუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საბუნებისმეტყველო
მეცნიერებათა და ტანდაცვის ფაკულტეტის ეკოლოგიის მაგისტრი

საკვანძო სიტყვები: მდინარის წყალი; წყლის ხარისხი; სანიტარულ-
ბაქტერიოლოგიური ანალიზი; დასავლეთ საქართველო

ნაშრომში მოცემულია დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთი მდინარის (ფიჩორი, ენგური, მტკვარი და ცხენისწყალი) წყლის ხარისხის კომპლექსური შეფასება ორგანოლექტიკური, ფიზიკო-ქიმიური, ელემენტური, ბიოგენური და სანიტარულ-ბაქტერიოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით. დადგინდა, რომ შესწავლილი მდინარეები განსხვავდებიან მინერალიზაციის, ჟანგვადობის, ელემენტური შემადგენლობის, მიკრობიოლოგიური სტატუსის მიხედვით. ენგურის წყალში გამოვლენილია ორგანული ნივთიერებებისა და ბიოგენური ნუტრიენტების შედარებით მაღალი შემცველობა, ასევე საერთო კოლიფორმული ბაქტერიებისა და *Escherichia coli*-ს არსებობა. ფიჩორის წყალი ხასიათდება ალუმინის მომატებული კონცენტრაციით და მიკრობიოლოგიური დაბინძურებით. მტკვრისა და ცხენისწყლის წყლებში შედარებით ხელსაყრელი ეკოლოგიური მდგომარეობაა, რაც გამოიხატა დაბალი დაბინძურების მაჩვენებლებით და ბაქტერიოლოგიური უსაფრთხოებით. მძიმე მეტალების უმეტესობა ნიმუშებში არ გამოვლენილა ან მათი კონცენტრაცია ეკოლოგიურად დასაშვებ ფარგლებში იყო. მიღებული შედეგები მიუთითებს დასავლეთ საქართველოს მდინარეთა წყლის ხარისხის სივრცობრივ განსხვავებებზე და ხაზს უსვამს მათი რეგულარული მონიტორინგის მნიშვნელობას წყლის რესურსების მდგრადი მართვისა და ეკოსისტემების დაცვის მიზნით.

Spatial and Temporal Assessment of Physicochemical Water Quality Parameters in Selected Rivers of Georgia

NINO KIKNADZE

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Agricultural Sciences,
Chief Research Scientist, Associate Professor*

NANI GVARISHVILI

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor*

GELODI SURMANIDZE

*Master's Student in Ecology, Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University*

KEYWORDS: River water; water quality; sanitary-bacteriological analysis; Western Georgia

This study presents a comprehensive assessment of the water quality of several rivers in Western Georgia, namely the Pichori, Enguri, Mtkvari, and Tskhenistskali Rivers, based on organoleptic, physicochemical, elemental, biogenic, and sanitary-bacteriological parameters. The results revealed significant differences among the studied rivers in terms of mineralization, oxidizability, elemental composition, and microbiological status. The

Enguri River exhibited relatively high concentrations of organic matter and biogenic nutrients, as well as the presence of total coliform bacteria and *Escherichia coli*. The Pichori River was characterized by elevated aluminum concentrations and microbiological contamination. In contrast, the Mtkvari and Tskhenistskali Rivers demonstrated comparatively favorable ecological conditions, reflected by lower pollution levels and bacteriological safety. Most heavy metals were either not detected in the analyzed samples or were present within environmentally acceptable limits. The obtained results indicate distinct spatial variations in river water quality across Western Georgia and emphasize the importance of regular monitoring for sustainable water resource management and ecosystem protection.

ხელვაჩაურის მუნიციპალიტეტში (სოფ. მახო) აღებული თეთრი ჩაის ფოთლების ფიზიკო-ქიმიური პარამეტრების შედარებითი შეფასება, სხვადასხვა ტექნოლოგიური დამუშავების პირობებში

ნინო კიკნაძე

ბათუმის შოთა ხუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი, ასოცირებული პროფესორი

ნინო სანიშვილი

ბათუმის შოთა ხუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი

სალომე მახარაძე

ბათუმის შოთა ხუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის ქიმიის სპეციალობის II კურსის სტუდენტი

საკვანძო სიტყვები: თეთრი ჩაი; დამუშავების მეთოდი; ორგანოლექტიკური; ხარისხი

ნაშრომში წარმოდგენილია ხელვაჩაურის მუნიციპალიტეტის, სოფ. მახოში აღებული თეთრი ჩაის (*Camellia sinensis*) ფოთლების ხარისხობრივი და ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლების შეფასება, მათი სხვადასხვა მეთოდით დამუშავების პირობებში: 50°C-ზე (2 სთ) თერმული შრობით მიღებული; - 5°C გაყინვით (24 სთ) და შემდგომ 70°C-ზე თერმული შრობით მიღებული. ექსპერიმენტულმა შედეგებმა აჩვენა, რომ 50°C-ზე დამუშავებული თეთრი ჩაის ნიმუში ინარჩუნებს უკეთეს ორგანოლექტიკურ მახასიათებლებს, კატექინების, ტანინების, ვიტამინ C-ს გაცილებით მაღალ შემცველობას და უფრო მაღალ pH-ს. თეთრი ჩაის ფოთ-

ლის გაყინვით და 70°C თერმული შრობით კომბინაციაში რეჟიმი იწვევს პოლიფენოლების ნაწილობრივ დაჟანგვას, კატექინების და ტანინების შემცირებას და ექსტრაქტის მჟავიანობის ზრდას, თუმცა ამავე დროს ზრდის ზოგიერთი მინერალური ელემენტის (K, Fe, Ni) ექსტრაქციას. დადგინდა, რომ „რბილი“ თერმული შრობა (50°C) უფრო ეფექტურია თეთრ ჩაიში ბიოაქტიური კომპონენტების შენარჩუნებისთვის, ხოლო კომბინირებული ტექნოლოგია (-5°C, 24 სთ + 70°C თერმული შრობა) უფრო მეტად ხელს უწყობს მინერალური ფრაქციის გამოყოფას.

Comparative Assessment of the Physicochemical Parameters of White Tea Leaves Collected in Khelvachauri Municipality (Makho Village) under Different Processing Conditions

NINO KIKNADZE

Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Research Scientist, Associate Professor

NINO SEIDISHVILI

Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Scientist

SALOME MAKHARADZE

Second-Year Student of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Health Care, Batumi Shota Rustaveli State University

KEYWORDS: white tea; processing method; organoleptic properties; physicochemical parameters; quality

This study presents an assessment of the quality and physicochemical characteristics of white tea (*Camellia sinensis*) leaves collected in Makho village, Khelvachauri Municipality, under different processing conditions: thermal drying at 50°C for 2 hours, and freezing at -5°C for 24 hours followed by thermal drying at 70°C.

The experimental results demonstrated that the white tea sample processed at 50°C retained superior organoleptic properties, significantly higher contents of catechins, tannins, and vitamin C, as well as a higher pH value. In contrast, the combined processing regime involving freezing and subsequent thermal drying at 70°C resulted in partial oxidation of polyphenols, a reduction in catechin and tannin contents, and an increase in extract acidity. However, this treatment enhanced the extraction of certain mineral elements, including potassium (K), iron (Fe), and nickel (Ni).

The study established that mild thermal drying (50°C) is more effective for preserving the bioactive compounds of white tea, whereas the combined processing technology (-5°C for 24 h followed by thermal drying at 70°C) promotes the release of the mineral fraction to a greater extent.

აჭარა-გურიის ეკოსისტემებში გავრცელებული ანწლის ბოტანიკურ-მორფოლოგიური დახასიათება, ფოთლების ფიტოქიმიური და ფარმაკოლოგიური პოტენციალის შედარებითი ანალიზი

ნინო კიკნაძე

ბათუმის შოთა ჰუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი, ასოცირებული პროფესორი

ნინო სანიშვილი

ბათუმის შოთა ჰუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, გექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი

ნათია ფუტყარაძე

ბათუმის შოთა ჰუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის ფახმაციის სპეციალისტის II კუხის სტუდენტი

საკვანძო სიტყვები: ანწლი; ფიტოქიმიური ანალიზი; მორფოლოგია; ფარმაკოლოგიური პოტენციალი; ხარისხი

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა აჭარა-გურიის ეკოსისტემებში გავრცელებული შავი ანწლის (*Sambucus ebulus* L.) ფოთლების ბოტანიკურ-მორფოლოგიური, ფიტოქიმიური და მულტიელემენტური შემადგენლობის შესწავლა და მათი ფუნქციურ-ფარმაკოლოგიური პოტენციალის შედარებითი შეფასება. კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა სოფ. ქარნალში, სოფ. თხილნარსა და სოფ. ძიმითში შეგროვებული ანწლის ფოთლები. კვლევის ფარგლებში განისაზღვრა ექსტრაქტული ნივთიერებების, ტანინების, კატექინების, საერთო მჟავიანობის, ვიტამინი C-ის, პექტინური ნივთიერებებისა და საერთო ნაცრის შემცველობა. ასევე შესწავლილ იქნა მაკრო-, მიკრო – და ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა პლაზმური ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრიის მეთოდით. კვლევის შედეგების მიხედვით, თხილნარის ნიმუშები გამოირჩეოდა ექსტრაქტული ნივთიერებებისა და ხსნადი პექტინის მაღალი შემცველობით, ქარნალის ნიმუშები – კატექინებისა და საერთო პექტინის მაღალი მაჩვენებლებით, ძიმითის ნიმუშები – ტანინების, მინერალური ნივთიერებების, რკინის, კალციუმისა და მაგნიუმის მაღალი შემცველობით. ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა ყველა ნიმუშში დაბალი იყო და დასაშვებ ზღვარს არ აღემატებოდა, რაც ნედლეულის ეკოლოგიურ უსაფრთხოებაზე მიუთითებს. სხვადასხვა ლოკაციის ეკოლოგიური და ნიადაგურ-კლიმატური პირობები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს *Sambucus ebulus* L.-ის ფოთლების ქიმიურ შემადგენლობაზე და მათ ბიო-

ლოგიურ აქტივობაზე. ანწლის ფოთლები წარმოადგენს ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მნიშვნელოვან წყაროს და პერსპექტიულ ნედლეულს ფუნქციური საკვების, ფიტოპრეპარატებისა და სამკურნალო-პროფილაქტიკური საშუალებების წარმოებისთვის. განსაკუთრებით მაღალი ფუნქციურ-ფარმაცოლოგიური მნიშვნელობით გამოირჩევა ძიმითის ნიმუშები, რომლებიც მდიდარი იყო როგორც მინერალური, ისე ფარმაცოლოგიურად აქტიური კომპონენტებით.

Botanical and Morphological Characterization of Elderberry (*Sambucus ebulus* L.) Distributed in the Adjara–Guria Ecosystems and Comparative Analysis of the Phytochemical and Pharmacological Potential of Its Leaves

NINO KIKNADZE

Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Research Scientist, Associate Professor

NINO SEIDISHVILI

Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Scientist

NATIA PHUTKARADZE

Second-Year Student of Pharmacy, Faculty of Natural Sciences and Health Care, Batumi Shota Rustaveli State University

KEYWORDS: *Sambucus ebulus* L.; phytochemical analysis; morphology; pharmacological potential; quality

The aim of the study was to investigate the botanical and morphological characteristics, phytochemical profile, and multi-element composition of the leaves of dwarf elder (*Sambucus ebulus* L.) distributed in the Adjara–Guria ecosystems, and to comparatively assess their functional and pharmacological potential. The research materials consisted of elder leaves collected from the villages of Charnali, Tkhilnari, and Dzimiti.

The study included the determination of extractive substances, tannins, catechins, total acidity, vitamin C, pectic substances, and total ash content. In addition, the contents of macroelements, microelements, and toxic elements were analyzed using inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES).

According to the research results, samples collected from Tkhilnari were distinguished by high contents of extractive substances and soluble pectin, while the Charnali samples showed elevated levels of catechins and total pectin. The Dzimiti samples were characterized by high concentrations of tannins, mineral substances, iron, calcium, and magnesium. The concentrations of toxic elements were low in all samples and did not exceed permissible

limits, indicating the ecological safety of the plant material.

The findings demonstrated that the ecological, soil, and climatic conditions of different locations significantly influence the chemical composition and biological activity of *Sambucus ebulus* L. leaves. Elder leaves represent an important source of biologically active compounds and a promising raw material for the production of functional foods, phytopharmaceuticals, and therapeutic-preventive products. Among the studied samples, those collected from Dzimiti exhibited the highest functional and pharmacological value due to their richness in both mineral constituents and pharmacologically active compounds.

გარემოს დაბინძურება მანგანუმით და მისგან გამოწვეული რისკები ქიათურის მაგადითზე

თამარიკო სუკაგაშვილი¹, მარინა ღავდაძე¹, მაკა გუგუჩია²

¹ საქართველოს უნივერსიტეტი

² სასწავლო უნივერსიტეტი გეომედი

საკვანძო სიტყვები: მანგანუმი; მოპოვება; დაბინძურება; ნერვული სისტემა

მძიმე მეტალებით გარემოს დაბინძურება თანამედროვე ეკოლოგიისა და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან გამოწვევას წარმოადგენს. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა მანგანუმს (Mn), რომელიც მცირე რაოდენობით აუცილებელია ადამიანის ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის, თუმცა მისი მაღალი კონცენტრაცია და ხანგრძლივი ზემოქმედება საფრთხეს უქმნის ჯანმრთელობას.

საქართველოში ქიათურა წარმოადგენს მანგანუმის მოპოვების უმსხვილეს ცენტრს. სამრეწველო პროცესების შედეგად მანგანუმი გროვდება ნიადაგში, წყალსა და ატმოსფერულ ჰაერში, რაც ზრდის მოსახლეობისა და დასაქმებულთა ჯანმრთელობაზე ზემოქმედების რისკს.

საერთაშორისო კვლევების მიხედვით, მანგანუმის ქრონიკული ექსპოზიცია მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ნერვულ სისტემაზე. ყველაზე გავრცელებულ კლინიკურ გამოვლინებებს წარმოადგენს: ტრემორი; მოძრაობის კოორდინაციის დარღვევა; კუნთოვანი რიგიდობა; ყურადღების კონცენტრაციის პრობლემები; დეპრესიული და შფოთვითი მდგომარეობები; პარკისონის მსგავსი სინდრომი.

მანგანუმის ნეიროტოქსიკური მოქმედება ძირითადად დაკავშირებულია მის დაგროვებასთან თავის ტვინის ბაზალურ განგლიებში. ეს იწვევს დოფამინერგული სისტემის ფუნქციის დარღვევას, რაც კლინიკურად პარკისონიზმის მსგავს სიმპტომ-

მეხსი ვლინდება.

ჭიათურის სამთო-სამრეწველო საწარმოებში ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ დასაქმებულებში აღინიშნება ნერვული სისტემის ფუნქციური დარღვევები. აღნიშნული მონაცემები ადასტურებს, რომ რეგიონში მანგანუმის ზემოქმედება წარმოადგენს გარემოსდაცვითი და საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის პრობლემას.

ჭიათურაში აუცილებელია გარემოს კომპონენტების – ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის – სისტემური მონიტორინგი და ჯანმრთელობის მონაცემების რეგულარული შეფასება. მსგავსი მიდგომა ხელს შეუწყობს გარემოსდაცვითი რისკების შემცირებას, მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვასა და მდგრადი განვითარების მიზნების მიღწევას.

Environmental pollution with manganese and the risks caused by it using the example of Chiatura

TAMRIKO SUPATASHVILI¹, MARINA DAVLADZE¹, MAKI GUGUCHIA²

¹ University of Georgia

² Geomed Educational University

KEYWORDS: manganese; mining; pollution; nervous system

Environmental pollution with heavy metals is one of the most important challenges of modern ecology and public health. Special attention is paid to manganese (Mn), which is necessary in small quantities for the normal functioning of the human body, however, its high concentration and long-term exposure pose a threat to health.

In Georgia, Chiatura is the largest center for manganese extraction. As a result of industrial processes, manganese accumulates in soil, water and atmospheric air, which increases the risk of impact on the health of the population and employees.

According to international studies, chronic exposure to manganese has a significant impact on the nervous system. The most common clinical manifestations are: tremor; disturbance of motor coordination; muscle rigidity; problems with concentration of attention; depressive and anxious states; Parkinson-like syndrome.

The neurotoxic effect of manganese is mainly associated with its accumulation in the basal ganglia of the brain. This leads to dysfunction of the dopaminergic system, which is clinically manifested in symptoms similar to Parkinsonism.

Studies conducted in mining and industrial enterprises in Chiatura have shown that functional disorders of the nervous system are observed in employees. These data confirm that manganese exposure in the region is an environmental and public health problem.

Systematic monitoring of environmental components – air, water and soil – and regular assessment of health data are necessary in Chiatura. Such an approach will contribute to reducing environmental risks, protecting the health of the population and achieving sustainable development goals.

ელექტროდიალიზური დანადგარებით მძიმე მეტალების (უპირატესად ქრომი, ნიკელი, კობალტი, ტყვია) იონების შემცველი ჩამდინარე და გამრეცხი წყლების უტილიზაცია

რაულ მოცირიძე

ქიმიის მეცნიეხებათა დოქტორი, ბსუ-ს აგიახუდი და მემბხანუდი ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მთავარი მეცნიეხი თანამშრომედი, საქათვედოს ეკოლოგიის აკადემიის წევხი

ნინო მხეიძე

ქიმიის მეცნიეხებათა დოქტორი, ბსუ-ს აგიახუდი და მემბხანუდი ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მთავარი მეცნიეხი თანამშრომედი, ინსტიტუტის დიხექტორი. საქათვედოს ეკოლოგიის აკადემიის წევხი

ჟირან ფუგარაძე

ქიმიის აკადემიუხი დოქტორი, ბსუ-ს აგიახუდი და მემბხანუდი ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მეცნიეხი თანამშრომედი

დამირა კონცელიძე

ბსუ-ს აგიახუდი და მემბხანუდი ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მეცნიეხი თანამშრომედი

ნამყვანი სამედიცინო სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტების მიერ დამტკიცებუ-
ლია, რომ ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მძიმე მეტალები 10-ჯერ უფრო საშიშია
ვიდრე რადიაცია. შესაბამისად, მძიმე მეტალებიდან ჩამდინარე წყლების გასუფთა-
ვება თანამედროვეობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მრავალი მეთოდი არსებობს ესენია: რეაგენტუ-
ლი, ელექტროკოაგულაციური, სორბციონური, მემბრანული და სხვა. ყველა ზემოთ
ჩამოთვლილ მეთოდს გააჩნია როგორც თავისი უპირატესობა, ისე ნაკლი.

მძიმე მეტალების შემცველი ჩამდინარე წყლების გასუფთავების ყველაზე პროგ-
რესულ მეთოდს წარმოადგენს ელექტროდიალიზური მეთოდი, რომელიც ჩამოთ-
ვლილ მეთოდებს შორის ყველაზე თანამედროვე, ეკოლოგიურად სუფთა და მარტი-
ვია ექსპლუატაციაში.

ჩამდინარე წყლებში მძიმე მეტალების გაწმენდის პრობლემის გადაწყვეტაში,
ჩვენს მიერ კონსტრუქციული ელექტროდიალიზური აპარატურის შექმნაში მდგო-
მარეობს, რომლის დახვეწა და გამოშვება მომავალში შესაძლებელი იქნება ადგი-
ლობრივი მრეწველობის მიერ და მომხმარებლისათვისაც უფრო ხელმისაწვდომი,
რამდენადაც ჩვეულებრივ ეს აპარატურა გამოშვებული იქნება მცირე პარტიებად ან
კიდევ ინდივიდუალური პროექტებით. ასეთი წარმოების ორგანიზაცია არ იწვევს ძა-
ლიან დიდ სიძნელებებსა და კაპიტალურ დანახარჯებს.

ელექტროდიალიზური აპარატების დაპროექტებისა და დამზადებისათვის, რომ-

ლებიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს როგორც ძირითადი ელემენტი ჩამდინარე წყლების საერთო გაწმენდის ტექნოლოგიაში.

წარმოდგენილი ტექნოლოგიური პროცესის გამოყენებით სამი ამოცანის გადაწყვეტა ხერხდება, გამომდინარე კვლევის შედეგად მიღებული საბოლოო შედეგიდან ჩვენს მიერ გადაწყვეტილი იქნა სამი ამოცანა:

პირველი ამოცანა – მძიმე მეტალების შემცველი წყალხსნარების გაუმარილება ერთდროულად მაღალკონცენტრირებული კონცენტრატის მიღებით და ამ უკანასკნელიდან ელექტროლიზით ამ ელემენტების გამოყოფის შესაძლებლობა;

მეორე ამოცანა – მძიმე მეტალების შემცველი წყალხსნარების გაწმენდა ჩაქტილი საწარმოო ციკლის შესაქმნელად გაღვანურ წარმოებაში;

მესამე ამოცანა – ჩამდინარე მძიმე მეტალების შემცველი წყალხსნარების გაწმენდა ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციათა ნორმებამდე და პარალელურად ცალ-ცალკე მძიმე მეტალების, მათ შორის: *ქრომის, ნიკელის, კობალტისა და კობალტის* ამოღების შესაძლებლობა.

დანადგარები დამზადებული იქნა აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მექანიკურ საამქროში. კვლევები ჩატარებული იქნა ინსტიტუტის დაქვემდებარებაში არსებულ მექანიკურ საამქროსა და ლაბორატორიებში.

Utilization of Wastewater and Rinse Water Containing Heavy Metal Ions (Primarily Chromium, Nickel, Cobalt, and Lead) Using Electrodialysis Units

RAUL GOTSIRIDZE, NINO MKHEIDZE,

JEIRAN PUTKARADZE, LAMZIRA KONTSELIDZE

Agrarian and Membrane Technologies Scientific Research Institute of Shota Rustaveli State University

Leading medical and scientific research institutes have confirmed that heavy metals are ten times more dangerous to human health than radiation. Accordingly, the removal of heavy metals from wastewater represents one of the most important issues of modern times.

There are numerous methods for wastewater treatment, including reagent-based, electrocoagulation, sorption, membrane, and other methods. Each of the above-mentioned methods has both its advantages and disadvantages.

One of the most progressive methods for treating wastewater containing heavy metals is the electrodialysis method, which, among the listed methods, is considered the most modern, environmentally friendly, and simple to operate.

The solution to the problem of treating wastewater containing heavy metals lies in the development of electrodialysis equipment of a new design. In the future, such equipment may be improved and manufactured by local industry, making it more accessible to

consumers, since this type of apparatus is usually produced in small batches or according to individual projects. The organization of such production does not require major difficulties or significant capital investment.

The aim of the work is the design and manufacture of electrodialysis apparatuses that can be used as a key element in the overall technological process of wastewater treatment.

Through the application of the proposed technological process, three main objectives can be achieved. Based on the final results obtained from the research, the following three tasks were solved:

The first task is the desalination of aqueous solutions containing heavy metals, while simultaneously obtaining a highly concentrated concentrate and creating the possibility of extracting these elements from the concentrate by electrolysis.

The second task is the treatment of aqueous solutions containing heavy metals in order to establish a closed production cycle in galvanic production.

The third task is the treatment of wastewater containing heavy metals to the level of maximum permissible concentration standards, while simultaneously enabling the separate recovery of heavy metals, including chromium, nickel, lead, and cobalt.

The units were manufactured in the mechanical workshop of our institute. The research was carried out in the mechanical workshop and laboratories operating under the supervision of our institute.

ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული წყლების განმენდის თანამედროვე ტექნოლოგიები და კვლევის მეთოდები

იამზა კეჭერაძე, რუსდან ღაჰითაძე,

ნინო მხეიძე, რაულ მოცირიძე

ბათუმის შოთა ხუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგიახუდი და
მემბრანული ინსტიტუტი

საკვანძო სიტყვები: ნავთობპროდუქტები, დაბინძურებული წყალი, სორბცია, მემბრანული ფილტრაცია, FTIR სპექტროსკოპია, გაზური ქრომატოგრაფია

ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული წყლების განმენდა თანამედროვე ეკოლოგიური მეცნიერებისა და გარემოს დაცვის ერთერთ მნიშვნელოვან გამოწვევას წარმოადგენს. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ნავთობითა და ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული წყლების განმენდის ეფექტური მეთოდების შემუშავე-

ბა სორბციული და მემბრანული ტექნოლოგიების კომბინირებული გამოყენებით. კვლევის ფარგლებში გამოყენებულ იქნა ბუნებრივი და სინთეზური პოლიმერული სორბენტები, აგრეთვე პოლისულფონისა და პოლიოქსიდიზოლის მემბრანები, რომლებიც სპეციალურად იქნა შერჩეული და გამოცდილი ექსპერიმენტული კვლევებისათვის.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ საწყის წყალში არსებული ჯამური ნახშირწყალბადების კონცენტრაცია, რომელიც დაახლოებით 50 მგ/ლს შეადგენდა, სორბციული დამუშავების შემდეგ შემცირდა 2,9 მგ/ლმდე, ხოლო შემდგომი მემბრანული ფილტრაციის გამოყენებით მიღწეულ იქნა მისი კიდევ უფრო შემცირება 0,18 მგ/ლმდე და საუკეთესო შემთხვევაში 0,01 მგ/ლმდე. მიღებული შედეგები ადასტურებს, რომ სორბციული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინტეგრირებული გამოყენება უზრუნველყოფს ნავთობპროდუქტების ეფექტურ მოცილებას და საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნეს მაღალი ხარისხის გაწმენდილი წყალი.

ნავთობპროდუქტების რაოდენობრივი განსაზღვრა განხორციელდა ფურიეს გარდაქმნის ინფრანითელი სპექტროსკოპიის (FTIR, Shimadzu) გამოყენებით, ხოლო მიღებული შედეგების სიზუსტე და სანდოობა დადასტურდა გაზური ქრომატოგრაფიის მეთოდით (Thermo TRACE 1310 GC-FID). კვლევის საფუძველზე შემუშავდა ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული წყლების გაწმენდისა და ხარისხის კონტროლის თანამედროვე მეთოდები, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია როგორც სამრეწველო, ისე გარემოსდაცვით პრაქტიკაში.

Modern technologies and research methods for cleaning water contaminated with petroleum products

IAMZE KEZHERADZE, RUSLAN DAVITADZE,

NINO MKHEIDZE, RAUL GOTSIRIDZE

*Agrarian and Membrane Technologies Scientific Research Institute of Shota
Rustaveli State University*

KEYWORDS: oil-contaminated water; sorption; membrane filtration;
FT-IR spectroscopy; gas chromatography

The treatment of water contaminated with crude oil and petroleum products represents one of the most important challenges in environmental protection and ecological engineering. The aim of this study was to develop efficient treatment methods for oil-contaminated water through the combined application of sorption and membrane technologies. Natural and synthetic polymeric sorbents were investigated alongside polysulfone and polyoxadiazole membranes, which were selected and evaluated under experimental conditions for their separation performance.

The obtained results demonstrated that the concentration of total petroleum hydrocarbons (TPH) in contaminated water was significantly reduced through multistage treatment. An initial hydrocarbon concentration of approximately 50 mg/L decreased to 2.9 mg/L after sorption treatment, while subsequent membrane filtration further reduced the concentration to 0.18 mg/L and, under optimal conditions, to as low as 0.01 mg/L. These findings confirm that the integration of sorption and membrane processes provides highly effective removal of petroleum contaminants and enables the production of treated water approaching drinking-water quality standards.

Quantitative determination of petroleum hydrocarbons was performed using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR, Shimadzu), while the reliability and accuracy of the analytical results were validated by Gas Chromatography with Flame Ionization Detection (Thermo TRACE 1310 GC-FID). The study also contributed to the development of modern methodologies for the treatment and quality control of oil-contaminated waters.

The developed approaches demonstrate significant potential for application in industrial wastewater treatment, environmental remediation, and sustainable water resource management, offering an effective solution for reducing the environmental impact of petroleum pollution.

მანგანუმის ფუღვატების შესწავლა გელქრომატოგრაფიული მეთოდით

სესილი როზავა

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქიმიის დოქტორი

თამარ მახარაძე

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქიმიის აკადემიური დოქტორი

ნათელა ანანიაშვილი

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
ქიმიის აკადემიური დოქტორი;

საკვანძო სიტყვები: ფულვომჟავები; მანგანუმი;
გელქრომატოგრაფია; მდგრადობის მუდმივა;
ფულვატური კომპლექსები

სუპრამოლეკულური ნივთიერებები, ფულვომჟავები აქტიურ მონაწილეობას ღებულობენ ბუნებრივ წყლებში მიმდინარე კომპლექსანომოქმნის პროცესებში. ისი-

ნი წარმოქმნიან მდგრად ნაერთებს მძიმე მეტალებთან და განაპირობებენ ბუნებრივ წყლებში მათი მიგრაციის ფორმებს.

ფულვატური კომპლექსების შესწავლა და მათი პირობითი მდგრადობის მუდმივების დადგენა, აქტუალური იყო გასული საუკუნის 70-80-ან წლებში. შემდეგ კვლევები პრაქტიკულად შეწყდა. მაგრამ ამ საუკუნის დასაწყისში გაიჩნდა რომ ფულვატური კომპლექსების პირობითი მდგრადობის მუდმივების დადგენილი მნიშვნელობების გამოყენება პრაქტიკაში არ ხერხდებოდა, რადგან ერთი და იგივე მეტალისთვისაც კი, pH-ის ერთი და იმავე მნიშვნელობაზე, ფულვატური კომპლექსების პირობითი მდგრადობის მუდმივების მნიშვნელობები, რამდენიმე რიგით განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან. ამის გამო შეუძლებელი ხდება ბუნებრივ წყლებში მძიმე მეტალების არსებობის ფორმების კორექტული გათვლა, ეკოქიმიური მდგომარეობის ობიექტური შეფასება და პროგნოზირება.

გელქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენებით და ფულვომჟავების მოლეკულური მასების თავისებურებების გათვალისწინებით, დადგენილი იყო Mn(II)-ის ფულვატური კომპლექსების შედგენილობები და პირობითი მდგრადობის მუდმივების მნიშვნელობები. საქართველოს ბუნებრივი წყლებიდან ადსორბციულ-ქრომატოგრაფიული მეთოდით გამოყოფილია ფულვომჟავების სუფთა ნიმუშები.

Mn(II)-ის ფულვატური კომპლექსების პირობითი მდგრადობის მუდმივების გათვლისას, გათვალისწინებული იქნა როგორც ფულვომჟავების სრული ასოციაციის, ასევე ოლიგომერის საშუალო მოლეკულური მასები. ნაჩვენებია, ფულვატური კომპლექსების პირობითი მდგრადობის მუდმივების გათვლისას, ოლიგომერის მოლეკულური მასის გამოყენების უპირატესობები.

INVESTIGATION OF MANGANESE FULVATE COMPLEXES BY THE GEL CHROMATOGRAPHIC METHOD

SESILI ROGAVA

Department of chemistry, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, 3 Ilia Chavchavadze Avenue, 0128, Tbilisi, Georgia.

PHD STUDENT TAMAR MAKHARADZE

Department of chemistry, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, 3 Ilia Chavchavadze Avenue, 0128, Tbilisi, Georgia. Academic Doctor of Chemistry

NATELA ANANIASHVILI

Department of chemistry, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, 3 Ilia Chavchavadze Avenue, 0128, Tbilisi, Georgia. Academic Doctor of Chemistry

KEYWORDS: Fulvic acids; Manganese; Gel Chromatography; Stability Constant; Metal-Fulvate Complexes

Supramolecular organic substances, Fulvic acids, actively participate in complex formation process occurring in natural waters. They form stable compounds with heavy metals and stipulate their migration forms in natural objects.

The investigation of metal-fulvate complexes and the determination of their conditional stability constants were among the major research topics during the 1970s and 1980s. Subsequently, studies in this field declined considerably. However, at the beginning of the 21st century it became evident that the previously reported values of conditional stability constants could not be effectively applied in practice.

Using the gel chromatographic method and taking into account the molecular-mass characteristics of fulvic acids, the composition of Mn(II) fulvate complexes and their conditional stability constants were determined. Pure samples of fulvic acids were isolated from natural waters of Georgia by the adsorption-chromatographic method.

When calculating the conditional stability constants of Mn(II) fulvate complexes, both the average molecular mass of the complete fulvic-acid associate and that of the oligomer were considered. The obtained results demonstrate the advantages of using the molecular mass of the oligomer in the calculation of conditional stability constants.

ტოლუოლის ქრონიკული ინჰალაციის მყისიერი და შორეული ეფექტები ახადგაზრდა მამრი ვირთაგვების სოციალურ ქცევასა და თავის ტვინის ულტრასტრუქტურაზე

ნინო ფოჩხიძე^{1,2}, მზია ჟვანია^{1,2}, ნადეჟდა ჯაფარიძე¹

¹ ივანე ბეჩიგაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრი,

² ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი

nino.pochkhidze.1@iliauni.edu.ge

საკვანძო სიტყვები: ტოლუოლი; ქრონიკული ინჰალაცია;

სოციალური ქცევა; ჰიპოკამპის CA1 ველი; ცხოველური მოდელი

შესავალი და მიზანი: მოზარდებში ტოლუოლის ქრონიკული ექსპოზიცია მწვავე სამედიცინო-ბიოლოგიური პრობლემაა, რაც განპირობებულია განვითარებადი თავის ტვინის ნეიროტოქსიკანტების მიმართ მაღალი მგრძნობელობით. კერძოდ, მოზარდობის ასაკში ტოლუოლის ქრონიკული ექსპოზიცია ნეირონული წრეების ფუნქციურ და სტრუქტურულ დარღვევებს იწვევს. წარმოდგენილი კვლევის მიზანი იყო ახადგაზრდა მამრ ვირთაგვებში ტოლუოლის ქრონიკული ინჰალაციის მყისიერი და შორეული ეფექტების შეფასება სოციალურ ქცევასა და ჰიპოკამპის CA1 ველის ულტრასტრუქტურაზე.

მეთოდები: ვისტარის ხაზის ახალგაზრდა (P 25-30) მამრი ვირთაგვები 50 დღის განმავლობაში იმყოფებოდნენ ტოლუოლის ქრონიკული ექსპოზიციის პირობებში (2000 ppm, დღეში ერთი საათი). სოციალური ქცევა ფასდებოდა ექსპოზიციის დასრულებიდან 24 საათის შემდეგ (მყისიერი ეფექტი) და 90-დღის შემდეგ (washout, შორეული ეფექტი). ტრანსმისიული ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით, ჩატარდა ჰიპოკამპის CA1 ველის პრესინაფსური ტერმინალების რაოდენობის (ფართობის ერთეულზე), სინაფსების აქტიური ზონის სიგრძის, პრესინაფსური მიტოქონდრიების რაოდენობის და ფართობის, და სინაფსური ვეზიკულების სხვადასხვა ავზებში გაერთიანებული ვეზიკულების (პლაზმურ მემბრანასთან შეპირაპირებული, სარეზერვო და თავისუფალი) რაოდენობის მორფომეტრიული ანალიზი.

შედეგები: გამოვლინდა ტოლუოლის ქრონიკული ექსპოზიციის ნეგატიური მყისიერი და შორეული ეფექტი სოციალურ ქცევაზე. ულტრასტრუქტურულმა ანალიზმა ორივე ექსპერიმენტულ ჯგუფში აჩვენა სინაფსების რაოდენობის სარწმუნო შემცირება. ამის საპირისპიროდ, სარწმუნოდ გაიზარდა პრესინაფსური ტერმინალების ფართობი, სინაფსის აქტიური ზონების რაოდენობა და სინაფსის აქტიური ზონის სიგრძე. პარალელურად სარწმუნოდ გაიზარდა პრესინაფსური მიტოქონდრიების ფართობი, ხოლო მათ რაოდენობაში მხოლოდ ზრდის ტენდენცია გამოვლინდა. აღინიშნა ასევე სინაფსური ვეზიკულების საერთო რაოდენობის და ვეზიკულების სხვადასხვა ავზებში გაერთიანებული ვეზიკულების სარწმუნო შემცირება.

დასკვნა: მიღებული მონაცემები მოწმობს, რომ ახალგაზრდა ვირთაგვებში (მოზარდობის ასაკი) ტოლუოლის ქრონიკული ინჰალაცია ჰიპოკამპის სინაფსური არქიტექტონიკის სარწმუნო და ხანგრძლივ დესტრუქციას და სოციალური ქცევის დარღვევას იწვევს. ცვლილებები სინაფსებში ნეიროტრანსმისიის ხანგრძლივ ცვლილებებზე მიუთითებს. ვვარაუდობთ, რომ ულტრასტრუქტურული ცვლილებები საფუძვლად უდევს სოციალურ დეფიციტს, რომელიც ტოლუოლის 90-დღიანი შეწყვეტის შემდეგაც ვლინდება.

დაფინანსება: კვლევა შესრულებულია შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი YS-24-194].

Immediate and Persistent Effects of Chronic Toluene Inhalation on Social Behavior and Brain Ultrastructure in Adolescent Male Rats

NINO POCHKHIDZE^{1,2}, MZIA ZHVANIA^{1,2}, NADEZHDA JAPARIDZE¹

¹ Ivane Beritashvili Center of Experimental Biomedicine, ² Ilia State University
nino.pochkhidze.1@iliauni.edu.ge

KEYWORDS: Toluene; Chronic inhalation; Social behavior; Hippocampal CA1 region; Animal model

Introduction and Aim: Chronic exposure to toluene in adolescents is a critical biomedical issue as the developing brain is especially sensitive to neurotoxic agents. Chronic toluene exposure is known to induce functional and structural disruptions in neural circuitry of the adolescent brain. The aim of the present study was to investigate the immediate and persistent effects of chronic toluene inhalation on social behavior parameters and the ultrastructure of the hippocampal CA1 region in young male Wistar rats.

Methods: Adolescent (P 25-30) male rats underwent chronic toluene exposure (2000 ppm) for 50 days. Social behavior assessments were conducted 24 hours post-exposure (to evaluate immediate effects) and after a 90-day washout period (to evaluate persistent effects). Morphometric analysis of synapses of hippocampal CA1 region was performed using Transmission Electron Microscopy. Synaptic density, the number and the length of synaptic active zone, the number and area of presynaptic mitochondria and the number of synaptic vesicles in different vesicle pools were measured.

Results: Chronic toluene exposure induced significant immediate and persisting impairments in social behavior. Ultrastructural analysis revealed significant reduction in the number of synapses per unit area in both experimental groups. Conversely, the area of presynaptic terminals, the number and the length of synaptic active zones were significantly increased. Mitochondrial analysis showed a significant increase of the presynaptic mitochondrial area, while the number of mitochondria remained largely unchanged. Furthermore, a profound and dramatic decrease was observed in the total number of synaptic vesicles, as well as in docked, ready, and resting vesicle pools compared to control.

Conclusion: The findings demonstrate that chronic toluene exposure during adolescence induces profound and long-lasting impairment of hippocampal synaptic architecture, which directly correlates with severe declines in social behavior. The marked loss of synapses, morphological alterations in synaptic active zones, and a profound decrease across all presynaptic vesicle pools (docked, ready, and resting) point to the sustained impairment in neurotransmission. These ultrastructural alterations underlie the enduring social deficits that fail to recover even after a 90-day washout period, highlighting their persistent and long-term nature.

Acknowledgement: This work was supported by the Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) [Grant Number YS-24-194].

ბიო სასუქები (ბლექჯეკი და ჯეოჰუმატი, Cu^{++}) გარემოს დაბინძურების წინააღმდეგ

ნ. კუჭადაძე, გ. კიდასონია, თ. გოგოლიშვილი,

ც. ბოლქვაძე, თ. გორგილაძე

ბათუმის შოთა ჩუხთავედის სახელმწიფო უნივერსიტეტი – აგეჩუდი და
მემბხანუდი გეგნოდოგოიების ინსტიტუტი

საკვანძო სიტყვები: ბიო სასუქი; წითელმინა ნიადაგი; ციტრუსი;
მანდარინი; ტოქსიკური ელემენტები.

მოსახლეობის ზრდასთან ერთად იზრდება მოთხოვნა საკვებ პროდუქტებზე, რომლის წარმოება ნიადაგის გარეშე შეუძლებელია. ჯანმრთელი ნიადაგი ჯანსაღ საკვებს ნიშნავს. ნიადაგი – ეს არის მთელი აგრონომია, ამიტომ მნიშვნელოვანია დიდი ყურადღება დაეთმოს ნიადაგსა და მის ნაყოფიერებაზე ზრუნვას. დაბინძურებული ნიადაგებიდან მცენარეს შეუძლია დიდი რაოდენობით ტოქსიკური ელემენტების აკუმულირება, ისეთი როგორიცაა ვერცხლისწყალი (Hg), კადმიუმი (Cd), დარიშხანი (As), ქრომი (Cr), თალიუმი (Tl) და ტყვია (Pb). აღნიშნული მძიმე ლითონების ათვისება ნიადაგის დაბინძურებას იწვევს, რაც საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას.

ბიო ორგანულ სასუქს დიდი პოტენციალი აქვს ნიადაგის აღდგენის, ჯანმრთელობის შენარჩუნებისა და მწვანე სოფლის მეურნეობის განვითარების სფეროში. მას აქვს უზარმაზარი ეკოლოგიური და გარემოსდაცვითი სარგებელი და ფართო გამოყენების პერსპექტივები. ნიადაგის დაბინძურების თავიდან აცილების მიზნით და ეკოლოგიურად უსაფრთხო პროდუქციის მისაღებად, აჭარის წითელმინა ნიადაგებში მანდარინის პლანტაციის ქვეშ, მიზნობრივად და პირველად, სტაციონარულ მინდვრის ცდებში ჩავრთეთ ეკოლოგიურად უსაფრთხო ბიოპრეპარატები: ბლექჯეკი, ჯეოჰუმატი, Cu^{++} .

აჭარის ზღვისპირა ზონის წითელმინა ნიადაგებზე, მანდარინ უნშიუს პლანტაციაში, მინდვრის ცდების საფუძველზე შერჩეულ იქნა, ეკოლოგიურად სუფთა ახალი პრეპარატები; დადგინდა მათი ნორმები და დოზები. შესწავლილ იქნა შერჩეული პრეპარატების ეფექტიანობის მაჩვენებლები, ნიადაგის დაბინძურების თავიდან აცილების მიზნით, ეკოლოგიურად უსაფრთხო პროდუქციის მისაღებად.

ამ მიზნით სტაციონარული მინდვრის ცდის პირობებში მიმდინარეობდა ექსპერიმენტული სამუშაოები. ცდის სქემის მიხედვით მანდარინის პლანტაციაში იქნა შეტანილი ეკოლოგიურად სუფთა ბიოპრეპარატები (სასუქები) – ბლექ ჯეკი, ჯეო-ჰუმატი და Cu^{++} შემდეგ ვადებში: აპრილში, მაისში, ივნისში, ივლისში. პარალელურად, კი იქნა აღებული ნიადაგის ნიმუშები 50 სმ სიღრმეზე და სამოდულო მცენარის ფოთლებზე. ლაბორატორიულ პირობებში მიმდინარეობდა აგროქიმიური და ქიმიური მაჩვენებლების კვლევები. ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე, დასკვნის სახით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მინერალური

სასუქების გამოყენების გარეშე, საუკეთესო შედეგის მიღება შესაძლებელია ხსენებული ბიო სასუქების შემდეგი წესით გამოყენებით:

- ▲ ბლეჭეკი – ნიადაგზე დასხურებით და მცენარეზე შესხურებით;
- ▲ ჯეოჰუმატი – ნიადაგზე დასხურებით და მცენარეზე შესხურებით;
- ▲ ფონად Cu^{++} (2 მლ – 10ლ წყალში) – მცენარეზე შესხურებით.

ნაშრომში წარმოდგენილი ცხრილების მიხედვით თუ ვიმსჯელებთ, მძიმე ლითონები (As, Cd, Cr, Hg, Pb) და პესტიციდები ნიადაგში არ აღმოჩნდა, შესაბამისად არც მცენარეში და ნაყოფში. აღნიშნული გამოწვეულია იმით, რომ ნიადაგი გამდიდრდა მხოლოდ ეკოლოგიურად სუფთა სასუქებით და თავიდან აცილებული იქნა აჭარის დაბალნაყოფიერი წითელმიწა ნიადაგის დაბინძურება.

Bio-fertilizers (Blackjack, Geohumat, and Cu^{++}) Against Environmental Pollution

N. KUTALADZE, G. KILASONIA, T. GOGOLISHVILI,

C.BOLQVADZE, T. GORGILADZE

Batumi Shota Rustaveli State University –
Institute of Agrarian and Membrane Technologies

KEYWORDS: Bio-fertilizer; Red soil (*Tsitelmitsa*); Citrus; Mandarin; Toxic elements

As the population grows, the demand for food increases, the production of which is impossible without soil. Healthy soil means healthy food. Soil is the foundation of all agronomy; therefore, it is crucial to pay great attention to caring for the soil and its fertility. From contaminated soils, plants can accumulate large quantities of toxic elements such as mercury (Hg), cadmium (Cd), arsenic (As), chromium (Cr), thallium (Tl), and lead (Pb). The uptake of these heavy metals causes soil pollution, which poses a significant threat to human health.

Bio-organic fertilizers hold great potential for soil restoration, health maintenance, and the development of green agriculture. They offer immense ecological and environmental benefits along with broad prospects for application. To prevent soil pollution and obtain ecologically safe products, ecologically safe bio-preparations – **Blackjack, Geohumat, and Cu^{++}** – were purposefully introduced for the first time in stationary field trials under a mandarin plantation in the red soils of Adjara.

Based on field trials in an *Unshiu* mandarin plantation within the coastal zone of Adjara, new ecologically clean preparations were purposefully selected for the first time, and their optimal norms and dosages were established. The efficiency indicators of the selected preparations were studied to prevent soil pollution and ensure the production of ecologically safe products.

To achieve this, experimental work was carried out under stationary field trial condi-

tions. According to the experimental design, the ecologically clean bio-preparations (fertilizers) – Blackjack, Geo-humat, and Cu⁺⁺ were applied to the mandarin plantation during the following periods: April, May, June, and July. Concurrently, soil samples were collected at a depth of 50 cm, along with leaf samples from model plants. Agrochemical and chemical indicator analyses were performed under laboratory conditions.

Based on the data obtained from the experiments, we can conclude that the applied bio-fertilizers showed the best results without the use of mineral fertilizers when administered as follows:

- ▲ **Blackjack:** Applied via soil drenching and foliar spraying;
- ▲ **Geohumat:** Applied via soil drenching and foliar spraying;
- ▲ **Cu⁺⁺:** Used as a background treatment via foliar spraying (2 ml per 10 liters of water).

Judging by the data tables presented in this work, heavy metals (As, Cd, Cr, Hg, Pb) and pesticides were not detected in the soil, and consequently, were found neither in the plant nor in the fruit. This outcome is attributed to the fact that the soil was enriched exclusively with ecologically clean fertilizers, thereby preventing the pollution of Adjara's low-fertility red soils.

წყადხსნარების განმენდა კადმიუმის იონებისგან ტრავერტინის თანაობისას

**დადი იოსელიანი, გუდნარა ბაღარჯიშვილი, ნადი კადაბეგაშვილი,
ნინო ნონიკაშვილი, დიანა სამხარაძე**

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ოჩგანური ქიმიის ინსტიტუტი,
პოდგკოვსკაიას ქ. 31, 0186, თბილისი, საქართველო

**საკვანძო სიტყვები: ტრავერტინი; ადსორბცია; კადმიუმი;
მძიმე ლითონები; ჩამდინარე წყლების განმენდა**

თანამედროვეობის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს პრობლემას მძიმე ლითონებით გარემოს დაბინძურება წარმოადგენს. ინდუსტრიალიზაციისა და ურბანიზაციის, საწარმოო სიმძლავრეების და სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისა და დამუშავების ზრდის სწრაფმა ტემპებმა საგანგაშოდ გაზარდა მძიმე ლითონებით წყლის დაბინძურება.

მძიმე ლითონებს შორის კადმიუმი ერთ-ერთი საშიში, მაღალტოქსიკური ელემენტია, რომელსაც შეუძლია სერიოზულად დააზიანოს ადამიანის ჯანმრთელობა და გამოიწვიოს გულსისხლძარღვთა სისტემის დაავადება, შეაფერხოს ძვლოვანი ქსოვილების რეგენერაცია, თირკმელებისა და ღვიძლის დისფუნქცია და სხვ.

უკანასკნელ წლებში მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა ბუნებრივი მინერალების კვლევას და გამოყენებას – ადსორბენტებად, როგორც ეკოლოგიურად სუფ-

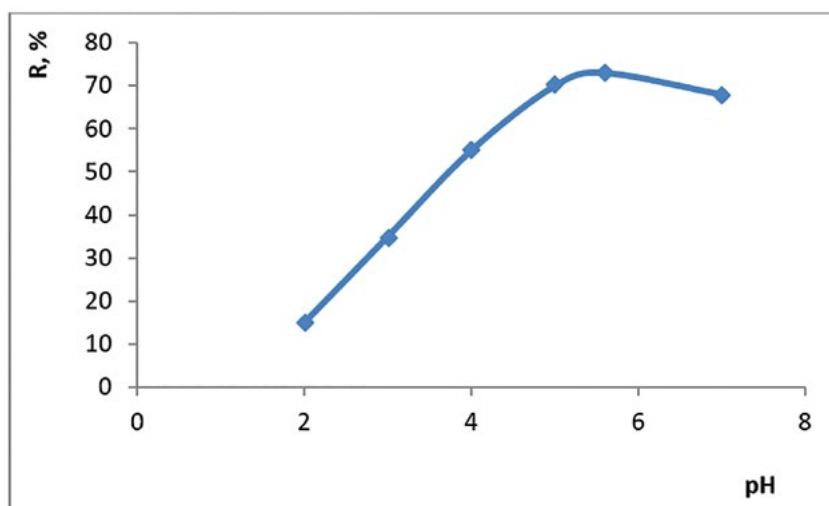
თა, ადვილად ხელმისაწვდომ, ეკონომიურად იაფ ნედლეულს.

კვლევის მიზანია ადგილობრივი მინერალის – ტრავერტინის ადსორბციული თვისებების შესწავლა კადმიუმის იონებისაგან წყლის გაწმენდის პროცესში და ტრავერტინის ადსორბციის ხარისხის დამოკიდებულების განსაზღვრა ადსორბენტის დოზირებაზე, კონტაქტის დროზე, ადსორბატის საწყის კონცენტრაციაზე და არეს pH მაჩვენებელზე.

განსაზღვრულია პროცესის ოპტიმალური პარამეტრები. ადსორბენტის მასის გაზრდით პირველ წუთებში კადმიუმის იონების ადსორბცია სწრაფად გაიზარდა, რაც დაკავშირებულია თავისუფალი აქტიური ცენტრების რაოდენობის ზრდასთან, შემდეგ 1-3 გ ფარგლებში მყარდება წონასწორული მდგომარეობა, რომლის დროსაც ადსორბცია შეადგენს 73%.

დროის ხანგრძლივობაზე ადსორბციის ხარისხის დამოკიდებულების შესწავლამ აჩვენა, რომ ადსორბცია აქაც დასაწყისში სწრაფად იზრდება თავისუფალი აქტიური ცენტრების ხარჯზე, წონასწორობა მყარდება 60 წუთის შემდეგ რომლის დროსაც ადსორბციის ხარისხი 73%, მოცულობითი ტევადობა – 2.43 მგ/გ.

საწყისი კონცენტრაციის დამოკიდებულების შესწავლამ აჩვენა, რომ საწყისი კონცენტრაციის ზრდით ჯერ ადსორბციის ხარისხი სწრაფად იზრდება, შემდეგ 100-150 მგ/ლ ფარგლებში მიიღწევა წონასწორული მდგომარეობა, ხოლო კონცენტრაციის შემდგომი მატებით ადსორბციის ხარისხი მცირდება. მნიშვნელოვანია ადსორბციაზე pH-ის გავლენა, რომლის დამოკიდებულების შესწავლამაც ადსორბციის ხარისხზე (სურ. 1) გვიჩვენა ადსორბციის მაქსიმალური ეფექტურობა მიიღწევა როცა $\text{pH} = 5,6$. pH დაბალ მაჩვენებელზე ადსორბციის ხარისხი დაბალია, რადგან ამ დროს ადსორბენტის ზედაპირი იმუხტება დადებითად (H^+) და ამ დროს ადგილი აქვს კადმიუმის იონების ელექტროსტატიკურ განზიდვას, ხოლო pH-ის მატებით ზედაპირი იმუხტება უარყოფითად (OH^-) იონების გავლენით, რაც იწვევს კადმიუმის კატიონების ელექტროსტატიკურ მიზიდვას და ზრდის ადსორბციის ხარისხს.



სურათი 1. ხსნაჩის pH-ის გავლენა Cd(II) ადსორბციის ხარისხზე, $m = 3$ გ, $\tau = 1$ სთ, $t = 20^\circ\text{C}$, $C_{\text{Cd}}^{2+} = 100$ მგ/ლ.

მიღებული შედეგები აჩვენებს, რომ ტრავერტინი არის პერსპექტიული, ბუნებრივი ადსორბენტი კადმიუმის იონებით დაბინძურებული წყლის გასაწმენდად.

Purification of Aqueous Solutions from Cadmium Ions in the Presence of Travertine

DALI IOSELIANI, GULNARA BALARJISHVILI, NELI KALABEGASHVILI,

NINO NONIKASHVILI, LIANA SAMKHARADZE

*Petre Melikishvili Institute of Physical and Organic Chemistry at Ivane Javakhishvili
Tbilisi State University, 31 Politkovskaya St., 0186, Tbilisi, Georgia*

KEYWORDS: Travertine; Adsorption; Cadmium; Heavy metals;
Wastewater treatment

One of the major environmental concerns is the discharge of heavy metals into the environment. Rapid urbanization and industrialization have led to an alarming increase in water contamination by heavy metal ions. Among these, cadmium Cd (II) exhibits significant acute and chronic toxicity. Exposure to elevated levels of cadmium is known to cause renal dysfunction, bone degeneration, and hepatic and hematological damage.

The objective of this study is to investigate the adsorption properties of travertine for the removal of Cd (II) from aqueous solutions, and to evaluate the effects of adsorbent dosage, contact time, initial solution concentration, and pH on the efficiency of the process. The optimal process parameters were determined. Investigation into the effect of increasing the adsorbent mass demonstrated an enhanced Cd (II) removal efficiency, which is attributed to the proliferation of available active sites. The adsorption rate escalated rapidly as the adsorbent mass increased from 1 to 3 g, after which an equilibrium state was established.

The study of contact time indicated that the adsorption process proceeds rapidly during the initial stage due to the abundance of vacant active sites. Equilibrium was reached at 60 minutes, with a Cd (II) removal efficiency of 73% and an adsorption capacity of 2.43 mg/g.

With an increase in the initial Cd (II) concentration, a gradual trend toward equilibrium was observed, resulting from the saturation of the surface active sites. The investigation of the pH effect revealed that maximum adsorption efficiency is achieved at pH = 5.6 (Fig. 1). At low pH, the adsorbent surface acquires a positive charge, leading to electrostatic repulsion of cadmium ions. Conversely, as the pH increases, the surface becomes more negatively charged, thereby enhancing the adsorption efficiency.

In this work, the feasibility of utilizing a local mineral, travertine, as an adsorbent for the purification of water contaminated with cadmium ions was evaluated. The optimal process conditions were established: $m = 3$ g, $\tau = 60$ min, $C_0 = 100$ mg/L, pH = 5.6.

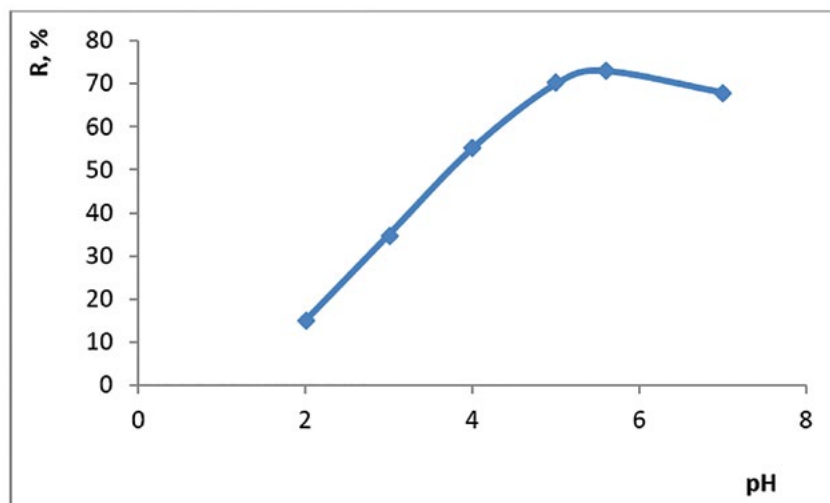


Figure 1. Impact of solution pH on the adsorption degree of Cd(II). $m = 3 \text{ g}$, $\tau = 1 \text{ h}$, $t = 20^\circ\text{C}$, $C_{\text{Cd}}^{2+} = 100 \text{ mg/L}$.

Based on the results of this research, it is concluded that local Georgian travertine represents a promising, highly efficient, and cost-effective alternative material for the remediation of water contaminated with heavy metals.

გრაფიტის ინტერკალირებული ნაერთებისა და გრაფიტის ფოდგის ქიმიური და ელექტროქიმიური დაჟანგვა და მიღებული გრაფენის ოქსიდის (GO) თვისებების კვლევა

ია მგალობლიშვილი¹, თამარ ღუნდუა¹, ნათია ბარბაქაძე²,
 ეთეზან სარაჯიშვილი^{1,2}, თამარ ქორქია², რაულ მოცირიძე³,
 ნინო მხეიძე³, როინ ჭეღია^{2,4}

¹ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

² ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

³ ბათუმის შოთა ჰუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

⁴ ფეხდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასადათმცოდნეობის ინსტიტუტი

საკვანძო სიტყვები: გრაფიტის ფხვნილების ინტერკალირება; ელექტროქიმიური დაჟანგვა; განშრევა; გრაფენის ოქსიდები; ჯ-პოტენციალი

გრაფენის ოქსიდი (GO) ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ტიპის მემბრანების დასამზადებლად. მისი მიღებისათვის ძირითადად გამოიყენება გრაფიტოვანი პრეკურსორების ქიმიური და ელექტროქიმიური დაჟანგვის მეთოდები. მოცემული ნაშრომის მიზანია წინასწარ გააქტივებული (ინტერკალირებული) გრაფიტის ფხვნილების ქიმიური დაჟანგვის პროცესის შესწავლა და ქიმიური და ელექტროქიმიური მეთოდებით მიღებული GO-ის ნიმუშების შედარებითი დახასიათება.

დადგენილია, რომ ინტერკალირებული გრაფიტის ფხვნილები (გრაფიტი- AlCl_3 , გრაფიტი- MoCl_5 და გრაფიტი- CrO_3) ადვილად იჟანგებიან KMnO_4 - H_2SO_4 სისტემაში.

გრაფიტის ფოლგის (გფ) დაჟანგვა განხორციელდა ორ ეტაპად: პირველ ეტაპზე მიმდინარეობდა გრაფიტის ფოლგის ანოდის ინტერკალაცია კონცენტრირებულ (98%) გოგირდმჟავაში 1.5–2.0 V მუდმივი ძაბვის გამოყენებით, ხოლო მეორე ეტაპზე – მისი ელექტროქიმიური დაჟანგვა 50%-იან H_2SO_4 -ში. ანოდსა და კათოდს შორის მიეწოდებოდა 5–6 V მუდმივი ძაბვა. 4%-იანი ოლეუმით ინტერკალირებული გრაფიტის ფოლგის ელექტროქიმიური დაჟანგვა და განშრევა განხორციელდა ანალოგიური პროცედურით.

დადგენილია, რომ გრაფიტის ფოლგის ელექტროქიმიური დაჟანგვით მიღებული გრაფენის ოქსიდის ფაზური შედგენილობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება ქიმიური მეთოდით მიღებული პროდუქტისაგან. რენტგენოფაზურმა (XRD) ანალიზმა აჩვენა, რომ ელექტროქიმიური დაჟანგვის პროდუქტები შედგება გრაფენის ოქსიდისაგან (GO, $2\theta = 10.20^\circ$), აღდგენილი გრაფენის ოქსიდისაგან (rGO, $2\theta = 17\text{--}22^\circ$) და სანყისი ფოლგის ფირფიტებისაგან ($2\theta = 26\text{--}27^\circ$), მაშინ როდესაც ქიმიური მეთოდით მიიღება მხოლოდ გრაფენის ოქსიდი, რომლის დიფრაქციული მაქსიმუმი მდებარეობს $2\theta = 10\text{--}11^\circ$ -ზე.

EDS ანალიზით დადგენილია, რომ ელექტროქიმიურად დაჟანგული გრაფიტის ფოლგის პროდუქტებში ნახშირბადისა და ჟანგბადის ატომური თანაფარდობა (C) დაახლოებით 3:1-ია, ხოლო ქიმიურად დაჟანგულ ნიმუშებში ეს მაჩვენებელი დაახლოებით 1.5:1-ს შეადგენს.

ნიმუშები შესწავლილია სხვადასხვა მეთოდით: UV-vis, FTIR, რამანის სპექტროსკოპია, SEM და EDS. ასევე განსაზღვრულია სუსპენზიების ჰიდროდინამიკური დიამეტრი და ჯ-პოტენციალი. მაგალითად, გრაფიტი- AlCl_3 -ის დაჟანგვით მიღებული GO-ის ნიმუშების ნაწილაკების საშუალო ზომა 280–310 ნმ-ია, ხოლო ჯ-პოტენციალის მნიშვნელობები -43-დან -46 მვ-მდე მერყეობს. გრაფიტი- CrO_3 -დან მიღებული GO-ისათვის შესაბამისი მნიშვნელობებია 430–460 ნმ და -42-დან -46 მვ-მდე.

მაღლიყება: ნაშრომი ნაწილობრივ შესხუდებულია შოთა ხუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგზანგო პიროექტის (№ YS-25-171) მხაზდაჭებით.

Chemical and Electrochemical Oxidation of Graphite Intercalation Compounds and Graphite Foil and Investigation of the Properties of the Obtained Graphene Oxide (GO)

IA MGALOBILISHVILI¹, TAMAR DUNDUA¹, NATIA BARBAKADZE²,
KETEVAN SARAJISHVILI^{1,2}, TAMAR KORKIA², RAUL GOTSIRIDZE³,

NINO MKHEIDZE³, ROIN CHEDIA^{2,4}

¹ Georgian Technical University

² Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

³ Batumi Shota Rustaveli State University

⁴ Ferdinand Tavadze Metallurgy and Materials Science Institute

KEYWORDS: intercalated graphite powders; electrochemical oxidation; exfoliation; Graphene oxides; ζ -potential

Graphene oxide (GO) is widely used for the fabrication of various types of membranes. Chemical and electrochemical oxidation of graphite precursors are among the most common methods for its preparation. The aim of the present work was to investigate the chemical oxidation of pre-activated (intercalated) graphite powders and to perform a comparative characterization of GO samples obtained by chemical and electrochemical methods.

It was established that intercalated graphite powders (graphite- AlCl_3 , graphite- MoCl_5 , and graphite- CrO_3) are readily oxidized in the KMnO_4 - H_2SO_4 system.

The oxidation of graphite foil (GF) was carried out in two stages: first, intercalation of the graphite foil anode with concentrated (98%) sulfuric acid under a DC voltage of 1.5–2.0 V; second, electrochemical oxidation in 50% H_2SO_4 at a constant voltage of 5–6 V applied between the anode and cathode. Electrochemical oxidation and exfoliation of graphite foil intercalated with 4% oleum were performed using the same procedure.

The phase composition of graphene oxide obtained by electrochemical oxidation of graphite foil differs significantly from that of GO produced by chemical oxidation. X-ray diffraction (XRD) phase analysis revealed that the electrochemical oxidation products consist of GO ($2\theta = 10.20^\circ$), reduced graphene oxide (rGO, $2\theta = 17\text{--}22^\circ$), and residual graphite foil plates ($2\theta = 26\text{--}27^\circ$), whereas the chemical oxidation method yields only GO with a diffraction maximum at $2\theta = 10\text{--}11^\circ$.

EDS analysis showed that the electrochemically oxidized graphite foil products possess a C atomic ratio of approximately 3:1, while chemically oxidized samples exhibit a lower ratio of about 1.5:1.

The samples were characterized by UV-vis spectroscopy, FTIR spectroscopy, Raman spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS). The hydrodynamic diameter and ζ -potential of the sample suspensions were also determined.

For example, GO samples obtained by oxidation of graphite–AlCl₃ exhibited an average particle size of 280–310 nm and ζ-potential values ranging from –43 to –46 mV. The corresponding values for GO derived from graphite–CrO₃ were 430–460 nm and –42 to –46 mV, respectively.

Acknowledgements: This work was partially supported by the Shota Rustaveli National Science Foundation grant project No. YS-25-171.

ეკოლოგიური ბაღანსის შენარჩუნების მიზნით ინოვაციების შემუშავება მევენახეობაში

მაია მირვედაშვილი¹, ომარი ღოთთაძე², ღუდოდა ცხვედაძე¹

¹სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ცენტრი

²თსუ-ს ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი

საკვანძო სიტყვები: ბიოპრეპარატი; გოგირდი; სილიკატი;
სოკოვანი დაავადება (*Uncinula necator* Burr.); ტკიპა (*Acarina*)

სასოფლო სამეურნეო პროდუქციაზე მზარდი მოთხოვნებიდან გამომდინარე სოფლის მეურნეობა დამოკიდებულია პესტიციდების გამოყენებაზე. შესაბამისად გაზრდილია დაავადებათა გავრცელების ინტენსიობა, ქიმიური ნაერთების გამოყენების ჯერადობა და რაოდენობა, რაც რისკებს უქმნის გარემოს და ადამიანის ჯანმრთელობას. სასურსათო პროდუქციის მწარმოებელ წამყვან ქვეყნებში სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარების ხელშეწყობისათვის ვენახის მოვლის არსებულ მეთოდებს შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია ეკოლოგიურად უსაფრთხო ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება და მევენახეობის პრაქტიკაში მათი დანერგვა. ვახის მავნებელ (ტკიპები *Acarina*) – დაავადებათა (ნაცრი *Uncinula necator* Burr.), კონტროლისთვის, როგორც განსაკუთრებულად ეფექტური საშუალება, ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა გოგირდ-სილიკატური კომპოზიცია. რომელიც დაბალი კონცენტრაციის მიუხედავად ეფექტიანად მოქმედებს სოკოვან დაავადებებზე და მავნე ტკიპებზე. გოგირდ-სილიკატური კომპოზიცია მიღებულია ლაბორატორიულად, ქისათიბის დიატომიტის და ტექნიკური გოგირდის შეღებვით (თსუ-ს ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტი). გოგირდის დიატომიტთან შეღებვა განხორციელდა 130-150°C ტემპერატურაზე 12 საათის განმავლობაში. დიატომიტი უნიკალური ეკოლოგიურად სუფთა ბუნებრივი ნაერთია, რომელიც შეიცავს 85%-მდე ამორფულ სილიციუმის დიოქსიდს. ამ ფორმის და მსუბუქ მასალას აქვს მრავალმხრივი გამოყენება, მათ შორის სოფლის მეურნეობაში, როგორც ეკოლოგიურად უსაფრთხო ნიადაგის სტრუქტურის და ნაყოფიერების გასაუმჯობესებელ და ინსექტიციდური თვისებების ბუნებრივ

მინერალს. მის მიკროგრანულებთან კონტაქტისას ნადგურდება მავნებლის დამცავი სხეულიდან ხდება ტენის აორთქლება და სიკვდილი.

ახალი ტიპის გოგირდ-სილიკატური კომპოზიციის ვაზზე გამოცდა განხორციელდა მცხეთის რაიონის ჭილაურას სამეცნიერო – კვლევითი ცენტრის სოლომონ ჩოლოყაშვილის სახელობის ვაზის კოლექციაში (GEO 038) სამ ვარიანტად. სოკოვანი დაავადებების მიმართ სენსიტიურ ჯიშებზე: მწვანე კახური და ხიხვი. ვარიანტი პირველი (ეტალონი) კოლოიდური გოგირდი + თიოვიტი (ორჯერ თიოვიტი სამჯერ კოლოიდური გოგირდი); მეორე ვარიანტი (საცდელი) გოგირდ-დიატომიტური კომპოზიტი; მესამე ვარიანტი (საკონტროლო) შეუსხურებელი ვაზი; მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით პრეპარატის გამოყენება რეკომენდირებულია, როგორც ბიოწარმოებაში, ასევე ინტენსიური სოფლის მეურნეობის პირობებში; გოგირდით ნანო-მოდიფიცირებული დიატომიტის უნივერსალური პრეპარატი შედეგიანია სოკოვანი დაავადებების, მავნე ტკიპების, ბიოტიკური და აბიოტიკური სტრესების მოქმედებისგან დასაცავად, ასევე ნიადაგის სტრუქტურის და ნაყოფიერების გაუმჯობესების მიზნით. გასაუმჯობესებლად.

Development of Innovations in Viticulture to Maintain Ecological Balance

MAIA MIRVELASHVILI¹, OMARI LOMTADZE², LUDMILA TSKHVEDADZE¹

¹ Scientific-Research Center of Agriculture

² TSU Institute of Physical and Organic Chemistry

KEYWORDS: Biopreparation; sulfur; silicate; fungal disease (*Uncinula necator* Burr.); mite (*Acarina*)

Driven by the growing demand for agricultural products, modern agriculture relies heavily on the use of pesticides. Consequently, intensity of disease outbreaks and frequency and quantity of chemical compound applications, has increased, posing significant risks to both the environment and human health. To promote sustainable agricultural development and implementation of new, ecologically safe technologies in vineyard management is important among the leading food-producing countries. To control grapevine pests (*Acarina*) and diseases (powdery mildew, *Uncinula necator* Burr.), we have developed a highly effective sulfur-silicate composition. Despite its low concentration, this composition functions effectively against both fungal diseases *Uncinula necator* Burr.). The sulfur-silicate composition was synthesized under laboratory conditions at the TSU Institute of Physical and Organic Chemistry by fusing Kisatibi diatomite with technical-grade sulfur. The fusion of sulfur with diatomite was carried out at a temperature of 150°C for 12 hours. Diatomite is a unique, ecologically clean natural compound containing up to 85% amorphous silicon dioxide. This porous, lightweight material has versatile applications; in agriculture, it serves as an environmentally safe agent for improving soil structure and fertility, while

also exhibiting insecto-fungicidal properties. Upon contact with its microgranules, the protective outer layer of the pest is destroyed, leading to moisture evaporation from the body and subsequent mortality. The field trials of the novel sulfur-silicate composition were carried out on grapevines at the LEPL, Scientific-Research Center of Agriculture (GEO 038) in the Mtskheta Municipality, namely within the Solomon Cholokhashvili Grapevine Collection. The experiment was conducted using three treatments on two varieties highly susceptible to fungal diseases: Mtsvane Kakhuri and Khikhvi. The treatments were designated as follows: • Treatment 1 (Standard/Reference Control): Colloidal sulfur + Thiovit (applied twice with Thiovit and three times with colloidal sulfur); • Treatment 2 (Experimental): Sulfur-diatomite composite; • Treatment 3 (Untreated Control): Unsprayed grapevines. Based on the obtained results, we recommend application of this preparation in both organic production and intensive agriculture. Use of this universal, sulfur nano-modified diatomite preparation is highly effective against fungal diseases and destructive mites. Furthermore, it is beneficial in mitigating the effects of biotic and abiotic stresses, while simultaneously improving soil structure and fertility.

იოდშემცველი მინერალური სასმელი წყაროს წყდები ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვისა და დაავადებების პროფილაქტიკის მიზნით

რ. კვაჭაშიძე, დ. ახაბებიაშვილი, მ. ბროკიშვილი, გ. თოდრაძე,

ნ. ჯანაშვილი, ნ. გავნიაშვილი, მ. უკლება

თსუ-ს ადექსანდრე თვადჭხედიძის სახელობის მინერალური წყაროს
კავკასიის ინსტიტუტი

იოდის დეფიციტი მსოფლიოში ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ და ამავედროულად ყველაზე ადვილად პრევენირებად მიკროელემენტურ დარღვევად რჩება, რომელსაც პირდაპირი კავშირი აქვს ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციასთან და, განსაკუთრებით, ბავშვთა ნევროფსიქიკურ განვითარებასთან. ამ ფონზე, ბუნებრივი, ორგანიზმისთვის ადვილად ასათვისებელი წყაროებიდან იოდის მიღების შესაძლებლობის კვლევა განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს.

საქართველოს წიაღი მდიდარია მრავალფეროვანი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების მქონე მინერალური წყლებით, რომელთა თერაპიულ პოტენციალს განაპირობებს იონურ-მარილოვანი შემადგენლობა, ტემპერატურული რეჟიმი და სპეციფიური მიკროკომპონენტების (იოდი, ბრომი, ბორი, ლითიუმი, მანგანუმი) არსებობა.

წინამდებარე კვლევის ფარგლებში შესწავლილ იქნა კასპის რაიონში მდებარე ექვსი წყაროს წყალი. კინეტიკური მეთოდით დადგინდა იოდის იონის რაოდენობრივი შემცველობა და გამოვლინდა მისი გამოხატული სეზონური დინამიკა — კონ-

ცენტრაცია მინიმალურია გაზაფხულ-ზაფხულში (15–30 მკგ/ლ ფარგლებში) და თანდათან იზრდება შემოდგომაზე, მაქსიმუმს კი აღწევს ზამთარში (39–54 მკგ/ლ). ეს კანონზომიერება საინტერესო პრაქტიკული დატვირთვის მატარებელია, რადგან შესაძლებელს ხდის წყლის მოხმარების ოპტიმალური სეზონურობის დაგეგმვას.

არსებული, ფართოდ გავრცელებული მეთოდები იოდდეფიციტის დაძლევისთვის მედიკამენტური კურსები, იოდიდის პრეპარატები, იოდიზირებული მარილი ხშირად უკავშირდება ორგანიზმში იოდის ქარბი დაგროვების და შესაბამისი გვერდითი მოვლენების რისკს. ამ ფონზე, ბუნებრივად იოდიზებული სასმელი წყლის მოხმარება წარმოადგენს ალტერნატიულ, ფიზიოლოგიურად უფრო მშვიდ და უსაფრთხო გზას მისი მიღება დღეში 3 ლიტრამდე რაოდენობით რისკის გარეშე შესაძლებელი.

ამრიგად, კასპის რაიონის მინერალური წყაროები, თავიანთი ბუნებრივი იოდ-შემცველობით და დადგენილი ქიმიური სტაბილურობით, განიხილება როგორც პერსპექტიული რესურსი მოსახლეობის იოდით უზრუნველყოფის ბუნებრივი, უსაფრთხო წყაროს სახით.

Iodine-Containing Mineral Spring Drinking Waters in the Context of Human Health Protection and Disease Prevention

R. K VATASHIDZE, L. AKHALBEDASHVILI, M. BROKISHVILI, G. TODRADZE,

N. JANASHVILI, N. GAGNIASHVILI, M. UKLEBA

Al. Tvalchrelidze Caucasian Institute of Mineral Resources, Tbilisi State University

Iodine deficiency remains one of the most widespread, and at the same time most readily preventable, micronutrient disorders in the world, directly linked to thyroid function and, in particular, to neuropsychological development in children. Against this background, research into the possibility of obtaining iodine from natural sources that are readily assimilated by the body is gaining particular relevance.

The subsoil of Georgia is rich in mineral waters possessing diverse physico-chemical characteristics, whose therapeutic potential is determined by their ionic-salt composition, temperature regime, and the presence of specific microcomponents (iodine, bromine, boron, lithium, manganese).

Within the scope of the present study, the waters of six springs located in the Kaspı district were examined. The quantitative iodide-ion content was determined by a kinetic method, revealing a pronounced seasonal dynamic the concentration is minimal in spring-summer (within 15–30 ug/L), gradually increases in autumn, and reaches its maximum in winter (39–54 ug/L). This pattern carries interesting practical implications, as it makes it possible to plan the optimal seasonality of water consumption.

Existing, widely used methods for overcoming iodine deficiency courses of medication, iodide preparations, and iodized salt are frequently associated with a risk of excessive

iodine accumulation in the body and corresponding side effects. Against this background, the consumption of naturally iodine-enriched drinking water represents an alternative, physiologically gentler and safer approach; it can be consumed in amounts of up to 3 liters per day without risk.

Thus, the mineral springs of the Kaspi district, owing to their natural iodine content and established chemical stability, are regarded as a promising resource for the natural, safe provision of iodine to the population.

ბიოგენური ელემენტების ნანოკომპოზიტის შემცველი კბილის პასტა: ფორმულაცია, ტექნოლოგია და ბიოფარმაცევტული შეფასება

აღიოშა ბაკურიძე, მარინა მამადაძე, რაულ გოცირიძე,
მადხაზ გეთია, ეკატერინე მოსიძე, დამირა ებრაძიძე,
მადხაზ ჯოხაძე, დამა ბაკურიძე,
გიორგი ბაკურიძე, დარი ბერაშვილი
თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

საკვანძო სიტყვები: კარიესი; ბიოგენური ელემენტები;
ნანონაწილაკები; მინერალური წყალი; კბილის პასტა

კარიესის განვითარებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს პირის ღრუს პათოგენური მიკროფლორა. მიუხედავად იმისა, რომ თანამედროვე კბილის მოვლის საშუალებები შეიცავს ფტორსა და სხვადასხვა ანტიმიკრობულ აგენტს, არსებული ფორმულაციები ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფენ საკმარის ანტიბაქტერიულ ეფექტს და კბილის ქსოვილების სრულფასოვან რემინერალიზაციას.

ბოლო წლებში განსაკუთრებული ინტერესი გამოიწვია ნანოტექნოლოგიების გამოყენებამ სტომატოლოგიურ პროდუქტებში. კვლევებმა აჩვენა, რომ ვერცხლისა და თუთიის ოქსიდის ნანონაწილაკებს შეუძლიათ შეაფერხონ ისეთი პათოგენური მიკროორგანიზმების ზრდა, როგორიცაა *Streptococcus mutans*, რომელიც კარიესის განვითარების ერთ-ერთ მთავარ ეტიოლოგიურ ფაქტორს წარმოადგენს.

მწვანე სინთეზით მიღებული ნანონაწილაკები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ახალი თაობის კბილის მოვლის საშუალებების შესაქმნელად, რომლებიც ერთდროულად უზრუნველყოფენ ძლიერ ანტიბაქტერიულ მოქმედებას და კბილის ქსოვილების რემინერალიზაციას. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ბიოგენური ელემენტების ნანოკომპოზიტის შემცველი კბილის პასტის ფორმულაციის განსა-

ზღვრა, ტექნოლოგიის დამუშავება და ბიოფარმაცევტული შეფასება წარმოადგენს თანამედროვე სტომატოლოგიისა და ფარმაცევტული ტექნოლოგიის აქტუალურ პრობლემას.

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ბიოგენური ელემენტების ნანონაწილაკების შემცველი კბილის პასტის ფორმულაციის დიზაინის განსაზღვრა, ტექნოლოგიის დამუშავება და ბიოფუნქციური აქტივობის შესწავლა. ექსპერიმენტისთვის შეირჩა ორი მინერალური წყალი (აჭარა, მერიხი, ნამონასტრევი), რომლებიც შეიცავს პირის ღრუს ჯანმრთელობისთვის მნიშვნელოვან მინერალურ კომპონენტებს, მათ შორის კალციუმს, ფტორიდებს, მაგნიუმს და ფოსფატებს. ბიოგენური ელემენტების ნანონაწილაკების ბიოსინთეზის პროცესში დათვის კენკრას ფოთლები (*Arctostaphylos uva-ursi* L.) წყლიანი გამონაწვლილი გამოყენებულ იქნა როგორც ბუნებრივი აღმდგენი და მასტაბილიზებული აგენტი. კბილის პასტის დემინერალიზაციის საწინააღმდეგო ეფექტის შეფასება განხორციელდა მჟავური ეროზიის ექსპერიმენტული მოდელის გამოყენებით.

კვლევის ფარგლებში შერჩეულ იქნა კბილის პასტის ფორმულაცია, რომელმაც გამოავლინა ქაფწარმოქმნის, pH-ის, მასის შენარჩუნებისა და კონსისტენციის ოპტიმალური ბალანსი. საცდელი და საკონტროლო ჯგუფების შედეგების შედარებამ აჩვენა, რომ მოწოდებული ფორმულაციის კბილის პასტამ შეამცირა მჟავური ზემოქმედებით გამოწვეული მინერალური დანაკარგი და ხელი შეუწყო კბილის ქსოვილის მასის შენარჩუნებას. მოწოდებულ კბილის პასტას გააჩნია დემინერალიზაციის საწინააღმდეგო პოტენციალი და შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც პერსპექტიული ფორმულაცია კბილის მინანქრის დაცვისა და რემინერალიზაციის ხელშეწყობის მიმართულებით.

კვლევის შედეგები ადასტურებს, რომ ბიოგენური მეტალების ნანოკომპოზიტის შემცველი კბილის პასტის ფორმულაციის შემუშავება წარმოადგენს პერსპექტიულ მიმართულებას პირის ღრუს მოვლის ინოვაციური საშუალებების შექმნისთვის.

Dental Paste Containing a Biogenic Element-Based Nanocomposite: Formulation, Technology and Biopharmaceutical Evaluation

**ALIOSHA BAKURIDZE, MARINA MAMALADZE, RAUL GOTSIRIDZE,
MALKHAZ GETIA, EKATERINE MOSIDZE, LAMZIRA EBRALIDZE,
MALKHAZ JOKHAZDE, LASHA BAKURIDZE,
GIORGI BAKURIDZE, DALI BERASHVILI**
Tbilisi State Medical University

The pathogenic microorganisms of the oral cavity play an important role in the development of dental caries. Although modern oral care products contain fluoride and differ-

ent antimicrobial agents, currently available formulations do not always provide sufficient antibacterial activity or effective remineralization of dental tissues.

In recent years, nanotechnology has become an important area of research in the development of dental products. Studies have shown that silver and zinc oxide nanoparticles can inhibit the growth of pathogenic microorganisms, especially *Streptococcus mutans*, which is considered one of the main causative agents of dental caries.

Nanoparticles obtained by green synthesis can be used in the development of new-generation oral care products, providing both antibacterial activity and support for the remineralization of dental tissues.

Therefore, the development of a toothpaste containing a biogenic element-based nanocomposite, together with the investigation of its formulation, manufacturing technology, and biopharmaceutical properties, is a relevant topic in modern dentistry and pharmaceutical technology.

The aim of this study was to develop a toothpaste formulation containing nanoparticles of biogenic elements, establish an appropriate manufacturing process, and evaluate its biopharmaceutical activity.

For the experimental study, two mineral waters from Merisi and Namonastrevi (Adjara, Georgia) were selected because they contain minerals that are important for oral health, including calcium, fluoride, magnesium, and phosphates. During the biosynthesis process, an aqueous extract of *Arctostaphylos uva-ursi* L. leaves was used as a natural reducing and stabilizing agent.

The anti-demineralization effect of the toothpaste was evaluated using an experimental acid erosion model.

Among the prepared formulations, one showed the most suitable combination of foaming ability, pH, mass retention, and consistency and was selected for further investigation.

Comparison of the experimental and control groups showed that the selected toothpaste reduced mineral loss caused by acidic exposure and helped preserve the mass of the dental tissue. The developed toothpaste demonstrated anti-demineralization potential and may be considered a promising formulation for the protection of dental enamel and the promotion of remineralization. The results of this study suggest that the development of toothpaste containing a biogenic element-based nanocomposite is a promising approach for the creation of innovative oral care products.

ქართული ასკანის ბენტონიტური თიხა როგორც მრავალფუნქციური კოსმეცევტიკური ინგრედიენტი: ფიზიკურ-ქიმიური და მინერალოგიური ანალიზი

ნანა ბოკუჩავა, ნანა ღვდარიანი, თეა ზაქადაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საკვანძო სიტყვები: ასკანის ბენტონიტი; მონტმორილონიტი; კათიონმიმოცვლითი უნარი; მიკროელემენტები; კოსმეცევტიკური კომპოზიცია

ბოლო წლებში კოსმეცევტიკა სულ უფრო აქტიურად მიმართავს ბუნებრივ მინერალურ ნედლეულს არა როგორც პასიურ დამხმარეს, არამედ როგორც აქტიურ ფუნქციურ ინგრედიენტს. ასკანის ბენტონიტური თიხა (მთისუბნის საბადო, ოზურგეთი) – საქართველოს მდიდარი მინერალური რესურსი – ტრადიციულად გამოიყენებოდა მხოლოდ ტექნიკურ სფეროებში (ღვინის წარმოება, საყალიბე მასალა, ბურღვის ხსნარები), მისი დერმატოლოგიური პოტენციალის ღრმად შესწავლის გარეშე. მისი ძირითადი მინერალი, მონტმორილონიტი, გამოირჩევა ფენოვანი სტრუქტურით, მაღალი კათიონმიმოცვლითი უნარითა და დისპერსიულობით. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა თიხის ფიზიკურ-ქიმიური და მიკროელემენტური პროფილის დახასიათება და მისი კოსმეცევტიკური ფუნქციური პოტენციალის ინტერპრეტაცია.

მეთოდები: ოქსიდური შედგენილობა განისაზღვრა გრავიმეტრული და სპექტროფოტომეტრული ანალიზით; გრანულომეტრიული ფრაქციონირება – სედიმენტაციით (კოლოიდური ფრაქცია $< 0,001$ მმ); ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები (pH, წყალშთანთქმა, წებვადობა, პლასტიკურობა) და მაკრო/მიკროელემენტები – სტანდარტული ლაბორატორიული და ატომურ-ემისიური სპექტრალური მეთოდებით; მინერალური ფაზა დადასტურდა FTIR სპექტროსკოპიით. პროტოტიპული კომპოზიციების (მაღამოები, ნიღბები) მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოება შემოწმდა სანიტარიულ-ბაქტერიოლოგიური მეთოდებით.

შედეგები: დომინანტი ოქსიდებია SiO_2 (56,2%) და Al_2O_3 (14,2%), რაც მიუთითებს მაღალ მონტმორილონიტის შემცველობაზე და გამოხატულ ადსორბციულ პოტენციალზე ცხიმოვანი კანის კომპოზიციებისთვის. კალციუმისა (11,4%) და მაგნიუმის (4,6%) ჯამურმა შემცველობამ (16,2%) აჩვენა კარგად განვითარებული იონმიმოცვლითი სისტემა, რაც ხელს უწყობს მინერალური ბალანსისა და ბარიერული ფუნქციის სტაბილიზაციას. სუსტად მჟავე pH (6,6) ახლოსაა კანის ფიზიოლოგიურ pH-თან და ამცირებს გაღიზიანების რისკს.

გრანულომეტრიულმა ანალიზმა დაადასტურა მაღალი დისპერსიულობა ($45,6\% < 0,001$ მმ), რაც ზრდის აქტიური ცენტრების ხელმისაწვდომობას და აადვილებს მიკროელემენტების შეღწევას კანის ზედაპირულ შრეებში. მაკრო/მიკროელემენტურ-

მა ანალიზმა გამოავლინა თუთია, რკინა, მანგანუმი, კობალტი, ნიკელი, სპილენძი და ვერცხლი, რომელთაგან თითოეულს გააჩნია სპეციფიკური დერმატოლოგიური მნიშვნელობა: თუთია მონაწილეობს უჯრედების ფორმირებაში და ავლენს ანტი-ბაქტერიულ მოქმედებას; სპილენძი ხასიათდება ანთების საწინააღმდეგო და ანტი-სეპტიკური თვისებებით; მანგანუმი ცნობილია კანის ქსოვილზე დამამშვიდებელი ეფექტით; ვერცხლი კი გამოხატავს გამოკვეთილ ანტიმიკრობულ აქტივობას. ეს კომბინაცია აძლიერებს არგუმენტს ასკანის თიხის, როგორც აქტიური კომპონენტის, გამოყენებისთვის პრობლემური და აკნესკენ მიდრეკილი კანის კომპოზიციებში. მიკრობიოლოგიურმა ანალიზმა დაადასტურა ჰიგიენური ნორმების სრული დაცვა.

დასკვნა: ასკანის ბენტონიტი სცილდება ტექნიკური ნედლეულის სტატუსს და წარმოადგენს მეცნიერულად დასაბუთებულ, მრავალფუნქციურ ინგრედიენტს კოსმეცევტიკური კომპოზიციებისთვის — ერთდროულად ადსორბენტს, მინერალურ დანამატსა და მსუბუქ ანტიმიკრობულ აგენტს. მისი დაბალი გაღიზიანების პოტენციალი და ხელმისაწვდომობა ადგილობრივ საბადოზე მას განსაკუთრებით მიმზიდველს ხდის ინდუსტრიული გამოყენებისთვის. შედეგები საფუძველს უყრის შემდგომ კვლევებს კომპოზიციური ოპტიმიზაციისა და *in vitro/in vivo* ეფექტურობის დადასტურების მიმართულებით, ადგილობრივი რესურსის საერთაშორისო ბაზარზე ინტეგრაციისთვის.

Georgian Askana Bentonite Clay as a Multifunctional Cosmeceutical Ingredient: Physicochemical and Mineralogical Insights

NANA BOKUCHAVA, NANA DEVDARIANI, TEA ZAKALASHVILI

Georgian Technical University

KEYWORDS: Askana bentonite; montmorillonite; cation-exchange capacity; trace elements; cosmeceutical formulation

Natural mineral raw materials are increasingly repositioned within the cosmeceutical industry not as inert excipients but as functional active ingredients. Georgian Askana bentonite clay (Mtisubani deposit, Ozurgeti Municipality) — a rich domestic mineral resource — has traditionally been used only in technical fields (wine production, foundry molding, drilling fluids), without in-depth study of its dermatological potential. Its principal mineral, montmorillonite, is characterized by a layered structure, high cation-exchange capacity, and fine dispersion. This study aimed to characterize the clay's physicochemical and trace-element profile and interpret its functional cosmeceutical potential.

Methods: Oxide composition was determined by gravimetric and spectrophotometric analysis. Granulometric fractionation was performed by sedimentation, identifying the colloidal fraction (<0.001 mm). Physicochemical parameters (pH, water-absorption capaci-

ty, viscosity, plasticity) and macro-/trace-element composition were assessed via standard laboratory and atomic emission spectral methods, while FTIR spectroscopy confirmed the mineral phase. Microbiological safety of prototype formulations (ointments, masks) was evaluated using standard sanitary-bacteriological protocols.

Results: Dominant oxides were SiO₂ (56.2%) and Al₂O₃ (14.2%), indicating a montmorillonite-rich matrix with pronounced adsorptive capacity relevant to oily-skin formulations. Combined calcium and magnesium content (16.2%) reflected a well-developed ion-exchange system, supporting mineral replenishment and barrier stabilization. The weakly acidic pH (6.6), close to the skin's physiological value, supports low-irritation topical use.

Granulometric analysis confirmed high dispersion (45.6% <0.001 mm), increasing the availability of active sites and facilitating trace-element penetration into superficial skin layers. Macro – and trace-element analysis identified zinc, iron, manganese, cobalt, nickel, copper, and silver, each with recognized dermatological relevance — zinc (antibacterial), copper (anti-inflammatory, antiseptic), manganese (skin-soothing), and silver (antimicrobial) — reinforcing the rationale for incorporating Askana clay as an active component in formulations for acne-prone skin. Microbiological testing confirmed full compliance with hygienic standards.

Conclusion: These findings position Askana bentonite clay beyond its conventional technical status, establishing it as a scientifically substantiated, multifunctional cosmeceutical ingredient — acting as an adsorbent, mineral-replenishing agent, and mild antimicrobial component. This supports further research into formulation optimization and *in vitro/in vivo* efficacy testing, supporting the integration of this local resource into the international cosmeceutical market.

ფეიჰოას (*Feijoa sellowiana* berg.) ნაყოფში ზოგიერთი მძიმე მეტალისა და რადიოაქტიური ნივთიერების კვლევის შედეგები

ნინო ქაჯელიძე

ბიოლოგიის დოქტორი

ბათუმის შოთა ჰუსთავედის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ფიტოპათოლოგიისა
და ბიომრავალფეროვნების ინსტიტუტი

საკვანძო სიტყვები: ფეიჰოა; ნაყოფი; მძიმე მეტალი;
რადიოაქტიური ნივთიერება; შემცველობა

აღსანიშნავია, რომ დღესდღეობით ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებაში დიდი როლი აკისრია მძიმე მეტალებსა და რადიოაქტიურ ნივთიერებებს. უამრავ-

მა კვლევამ აჩვენა, რომ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი ტოქსიკური ელემენტები, მაგალითად: ტყვია, კადმიუმი, ვერცხლისწყალი, დარიშხანი, კალა და სხვა ჩაენაცვლებიან ხოლმე სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ელემენტებს: კალციუმს, თუთიას, რკინას, უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე და იწვევენ სტრუქტურულ ცვლილებებს, შესაბამისად ძალზედ აქტუალურია მათი შემცველობის შესწავლა მცენარეებში (ნაყოფი), ვინაიდან ეკოპათოგენურ ფაქტორთა უარყოფითი გავლენის შესწავლა ცოცხალ ორგანიზმებზე მხოლოდ სამეცნიერო კვლევების საშუალებითაა შესაძლებელი. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა: ფეიჭოას ნაყოფში ზოგიერთი მძიმე მეტალისა (Pb ტყვია, Cd კადმიუმი, Zn თუთია, Cu სპილენძი) და რადიოაქტიური ნივთიერების (Cs 137, St 90) განსაზღვრა. ლაბორატორიული კვლევები განხორციელდა სოფლის მეურნეობის სამინისტროს ლაბორატორიული კვლევების ცენტრში. მძიმე მეტალებისა და რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოსავლენად, როგორც საკვლევი ასევე საკონტროლო ეგზემპლარების ნიმუშები აღებული იქნა გურია, სამეგრელოსა და აჭარის რეგიონებში. მძიმე მეტალების შემცველობა ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციასთან შედარებით დაბალია სამივე რეგიონში გამორჩეული ფორმების ნაყოფში. კერძოდ: ტყვიისა და კადმიუმის შემცველობის მიხედვით უმნიშვნელო სხვაობა დაფიქსირდა სამივე რეგიონში შერჩეული მცენარეების ნაყოფში. თუთიის შედარებით მაღალი შემცველობით გამოირჩევა ფორმა №10,11(1,15-1,25მგ/კგ) ისინი აჭარის რეგიონში შერჩეული ფორმებია. თუთია ყველაზე ცოტა რაოდენობით დაფიქსირდა სამეგრელოს რეგიონში შერჩეულ ფორმაში №3 (1,01 მგ/კგ), ხოლო გურიის რეგიონს ამ ელემენტთან მიმართებაში შუალედური ადგილი უჭირავს №6 (1,16 მგ/კგ). სპილენძი შედარებით დიდი რაოდენობით დაფიქსირდა საკონტროლო ვარიანტის მცენარეში №12 (0,72 მგ/კგ). რაც შეეხება ზოგიერთი რადიოაქტიური ნივთიერების შემცველობას ფეიჭოას ნაყოფში, Cs 137 ყველაზე დიდი რაოდენობით დაფიქსირდა ფორმა №10-ში (9,4 ბკ/კგ), ის ქობულეთის რეგიონში შერჩეული ნიმუშია, შედარებით დიდი რაოდენობით დაფიქსირდა ასევე ფორმაში №3 (7,42 ბკ/კგ) ის სამეგრელოს რეგიონში გამორჩეული ფორმაა. St 90 კი ყველაზე დიდი რაოდენობით ფორმა №8-შია (12,2 მგ/კგ), ის გურიის რეგიონში, გამორჩეული ფორმაა. შედარებით ნაკლები კი ფორმა №2-შია (7,18 ბკ/კგ) სამეგრელოს რეგიონში, ნოსირის ექსპერიმენტულ ბაზაზე გამორჩეული ფორმის ნიმუშია, ხოლო აჭარის რეგიონში გამორჩეულ ფორმა №11 (5,17).

კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით შეიძლება ითქვას, რომ მძიმე მეტალებისა და რადიოაქტიური ნივთიერებების შემცველობა საქართველოს სამ ეკოლოგიურ ზონაში გამორჩეული ფორმების ნაყოფში ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციასთან შედარებით დაბალია, თუმცა ზოგიერთი მათგანის რაოდენობა მაინც ცვალებადობს, ეკოლოგიური ზონისა და ფორმისგან დამოკიდებულებით.

Heavy Metal and Radionuclide Content in Feijoa (*Feijoa sellowiana* Berg.) Fruits

NINO KEDELIDZE

PhD in Biology

Institute of Phytopathology and Biodiversity, Batumi Shota Rustaveli State University, Batumi, Georgia

KEYWORDS: *Feijoa sellowiana*; fruit; heavy metals; radionuclides; definition

Environmental contamination by heavy metals and radionuclides has become a major global concern due to its adverse effects on ecosystems and human health. Numerous studies have demonstrated that toxic elements such as lead (Pb), cadmium (Cd), mercury (Hg), arsenic (As), and tin (Sn) can accumulate in the human body, replacing essential elements including calcium, zinc, and iron. Such interactions disrupt normal physiological processes and may result in structural and functional disorders. Consequently, assessing the concentrations of toxic elements and radionuclides in edible plant materials is essential for evaluating food safety and environmental quality. The aim of the present study was to determine the concentrations of selected heavy metals—lead (Pb), cadmium (Cd), zinc (Zn), and copper (Cu)—as well as the radionuclides cesium-137 (Cs-137) and strontium-90 (Sr-90) in the fruits of *Feijoa sellowiana* Berg. Laboratory analyses were performed at the Laboratory Research Center of the Ministry of Agriculture of Georgia. Fruit samples from selected feijoa genotypes, together with control samples, were collected from three regions of western Georgia: Guria, Samegrelo, and Adjara. The analytical results revealed that the concentrations of all investigated heavy metals in feijoa fruits were below the maximum permissible limits in all three study regions. Only minor regional differences were observed in the concentrations of lead and cadmium. The highest zinc concentrations were recorded in forms No. 10 and No. 11 from the Adjara region, ranging from 1.15 to 1.25 mg/kg. The lowest zinc concentration (1.01 mg/kg) was detected in form No. 3 from the Samegrelo region, whereas form No. 6 from the Guria region exhibited an intermediate concentration (1.16 mg/kg). The highest copper concentration (0.72 mg/kg) was found in the control sample (form No. 12). Among the investigated radionuclides, the highest concentration of Cs-137 was detected in form No. 10 (9.4 Bq/kg), collected from the Kobuleti area of the Adjara region. A relatively high concentration was also observed in form No. 3 from the Samegrelo region (7.42 Bq/kg).

The highest concentration of Sr-90 was recorded in form No. 8 from the Guria region (12.2 Bq/kg). Lower concentrations were measured in form No. 2 from the Nosiri Experimental Station in the Samegrelo region (7.18 Bq/kg) and in form No. 11 from the Adjara region (5.17 Bq/kg). The findings indicate that the concentrations of heavy metals and radionuclides in the fruits of the selected feijoa forms from the three ecological zones of Georgia remain well below the maximum permissible limits. Nevertheless, variations in the concentrations of individual elements were observed, reflecting the influence of both the ecological conditions of the growing area and the genetic characteristics of the studied forms.

ტრიოტოთრონიის $\alpha\beta\gamma$ ინტეგრინით გაშუადებული მოქმედება JAK/STAT სასიგნალო გზაზე

ელისაბეტ კვერფელიძე

ბიოქიმიის დოქტორი, ასისტენტ-პროფესორი;
ქიმიური ბიოლოგიის ინსტიტუტი, ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი,
საქართველო;
ბიოქიმიის დოქტორი, ივ. ბეჩიკაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის
ცენტრი, თბილისი, საქართველო;
ბათუმის საერთაშორისო უნივერსიტეტი, ბათუმი, საქართველო

**საკვანძო სიტყვები: ნეიროპროტექცია; ინტეგრინი $\alpha\beta\gamma$; JAK/STAT;
ოქსიდაციური სტრესი; თიროიდული ჰორმონები**

ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონები (TH) მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ცენტრალური ნერვული სისტემის განვითარებასა და ფუნქციონირებაში. მათი მოქმედება კლასიკურად გენომურ რეგულაციასთან არის დაკავშირებული, თუმცა ბოლო წლებში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა TH-ის სწრაფ არაგენომურ ეფექტებს, პლაზმური მემბრანის $\alpha\beta\gamma$ ინტეგრინის მეშვეობით. აღნიშნული სასიგნალო სისტემა ჩართულია უჯრედული გადარჩენისა და ნეიროპროტექტორული მექანიზმების რეგულაციაში, განსაკუთრებით ჰიპოქსიის დროს.

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ტრიოტოთრონიის (T3) არაგენომური მოქმედების მოლეკულური მექანიზმების შესწავლა, კერძოდ $\alpha\beta\gamma$ ინტეგრინ-დამოკიდებული JAK/STAT სასიგნალო გზის აქტივაციისა და SHP2 ფოსფატაზის რეგულაციის შეფასება დიფერენცირებულ PC-12 უჯრედებში. დამატებით შეფასდა JAK/STAT სისტემის ძირითადი სასიგნალო კასკადის ცვლილებები.

ექსპერიმენტულ მოდელად გამოყენებული იყო PC-12 უჯრედული ხაზი, რომელიც წარმოადგენს ნეიროპლასტიკურობისა და ნეიროდეგენერაციის კვლევის კარგად დამკვიდრებულ მოდელს. კვლევის ფარგლებში, T3-ის ფიზიოლოგიური კონცენტრაციით (10nM) ზემოქმედებისას 1 საათიანი ჰიპოქსიის პირობებში შეფასდა T3-ის არაგენომური მოქმედება JAK/STAT სასიგნალო გზის კომპონენტების აქტივობაზე. $\alpha\beta\gamma$ ინტეგრინით გაშუადებული ეფექტის დადასტურების მიზნით პარალელურად გამოყენებული იყო $\alpha\beta\gamma$ ინტეგრინის ინჰიბიტორი.

JAK/STAT სასიგნალო გზის კომპონენტების ფოსფორილირების დონე შეფასდა RayBio® JAK/STAT Pathway Phosphorylation Array-ის და იმუნობლოტინგის მეთოდის გამოყენებით, ხოლო მონაცემთა ანალიზი განხორციელდა ImageJ პროგრამის გამოყენებით. მიღებულმა შედეგებმა აჩვენა, რომ ჰიპოქსიის პირობებში T3 მნიშვნელოვნად ზრდის JAK2-ისა და STAT5-ის ფოსფორილირებას, რაც მიუთითებს JAK2/STAT5 სასიგნალო კასკადის აქტივაციაზე. პარალელურად აღინიშნა SHP2-ის ფოსფორილირების შემცირება, რაც შესაძლოა ასახავდეს ნეგატიური რეგულატორული

მექანიზმების მოდულაციას. აღნიშნული ეფექტები სრულად ქრება $\alpha\beta 3$ ინტეგრინის ბლოკირებისას, რაც ადასტურებს ამ ეფექტების $\alpha\beta 3$ ინტეგრინ-დამოკიდებულებას.

მიღებული შედეგების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ დიფერენცირებულ PC-12 უჯრედებში ჰიპოქსიის დროს T3 იწვევს $\alpha\beta 3$ -ინტეგრინით გაშუალებული JAK2 და STAT5 ფოსფორილირების ზრდას, და SHP2 ფოსფატაზის ფოსფორილირების შემცირებას.

$\alpha\beta 3$ -ინტეგრინით გაშუალებული JAK2/STAT5 სასიგნალო კასკადის აქტივაცია ჰიპოქსიის პირობებში შესაძლოა წარმოადგენდეს იმ მექანიზმს, რომლის მეშვეობითაც ტრიიოდოთირონინი (T3) ზრდის უჯრედების სიცოცხლისუნარიანობას. სავარაუდოდ, აღნიშნული ეფექტი დაკავშირებულია STAT5-ის მიერ რეგულირებული გენთა ექსპრესიის ეპიგენეტიკურ მოდულაციასთან, მათ შორის გარკვეული გენების ეპიგენეტიკურ გაჩუმებასთან, რაც ხელს უწყობს უჯრედთა ადაპტაციასა და გადარჩენას ჰიპოქსიური სტრესის პირობებში.

ეს მონაცემები მნიშვნელოვნად აფართოებს წარმოდგენას თიროიდული ჰორმონების არაგენომური ნეიროპროტექტორული მოქმედების მოლეკულური მექანიზმების შესახებ და ქმნის საფუძველს $\alpha\beta 3$ -ინტეგრინი-JAK2/STAT5 სასიგნალო ღერძის, როგორც პოტენციური თერაპიული სამიზნის, შემდგომი შესწავლისთვის ნეიროდეგენერაციული დაავადებებისა და ჰიპოქსიით გამოწვეული ნერვული ქსოვილის დაზიანებების პირობებში.

Triiodothyronine $\alpha\beta 3$ Integrin-Mediated Action on the JAK/STAT Signaling Pathway

ELISABED KVERGELIDZE

PhD in Biochemistry, Assistant Professor;

Institute of Chemical Biology, Ilia State University, Tbilisi, Georgia;

Laboratory of Biochemistry, Iv. Beritashvili Center of Experimental Biomedicine,

Tbilisi, Georgia;

Batumi International University (BAU), Batumi, Georgia.

KEYWORDS: neuroprotection; integrin $\alpha\beta 3$; JAK/STAT; oxidative stress; thyroid hormones

Thyroid hormones (TH) are fundamental to the development and functional integrity of the central nervous system. While their biological impact is traditionally associated with nuclear receptor-mediated genomic regulation, recent research has increasingly focused on their rapid, non-genomic effects. This signaling is mediated by the plasma membrane $\alpha\beta 3$ integrin, a system that plays a vital role in cell survival and neuroprotection, particularly under conditions of hypoxic stress.

The aim of the study was to investigate the molecular mechanisms of triiodothyronine

(T3) non-genomic action, focusing on $\alpha\beta3$ integrin-dependent activation of the JAK/STAT signaling pathway and regulation of SHP2 phosphatase in differentiated PC-12 cells.

The PC-12 cell line was used as an experimental model. Under physiological T3 concentration (10 nM) and 1-hour hypoxic conditions, the non-genomic effects of T3 on JAK/STAT pathway components were assessed. To confirm $\alpha\beta3$ integrin-mediated effects, a specific $\alpha\beta3$ integrin inhibitor was used in parallel.

The results showed that under hypoxia, T3 increases phosphorylation of JAK2 and STAT5, indicating activation of the JAK2/STAT5 signaling cascade. A decrease in SHP2 phosphorylation was also observed, suggesting modulation of negative regulatory mechanisms. These effects were mediated by $\alpha\beta3$ integrin. Based on the results, it was determined that T3 induces $\alpha\beta3$ integrin-mediated upregulation of JAK2 and STAT5 phosphorylation and reduces SHP2 phosphatase phosphorylation.

Activation of the $\alpha\beta3$ integrin-mediated JAK2/STAT5 signaling cascade under hypoxia may represent a mechanism through which T3 enhances cell survival. This effect is associated with STAT5-regulated gene expression and epigenetic modulation, which contributes to cellular adaptation and survival under hypoxic stress.

These findings expand the understanding of the molecular mechanisms underlying the non-genomic neuroprotective effects of thyroid hormones and provide a basis for further investigation of the $\alpha\beta3$ integrin–JAK2/STAT5 signaling axis as a potential therapeutic target in neurodegenerative disorders and hypoxia-induced neuronal damage.

Phthalocyanine Photosensitizers in Antimicrobial Photodynamic Therapy

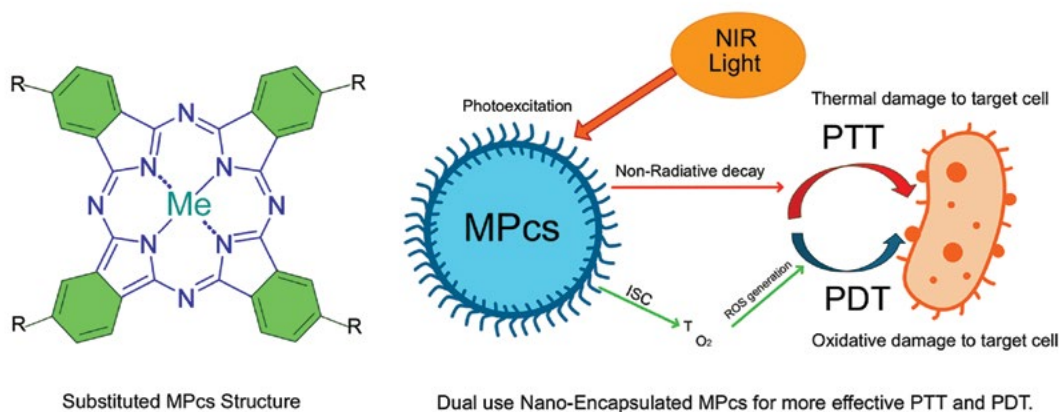
LILI ARABULI

*Department of Chemistry, School of Science and Technology,
The University of Georgia, Larabuli@ug.edu.ge*

KEYWORDS: Antimicrobial photodynamic therapy (aPDT);
Metallo-phthalocyanines (MPcs); Nano-drug delivery systems;
Antimicrobial resistance

The rapid escalation of antimicrobial resistance (AMR) requires the development of effective non-antibiotic treatment strategies, establishing antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) as a critical alternative for combating multidrug-resistant (MDR) pathogens. This review provides a comprehensive analysis of phthalocyanines (Pcs) and metallo-phthalocyanines (MPcs) as second-generation photosensitizers aimed at bacterial, fungal, and viral inactivation. We examine the structure-function relationships of MPcs, emphasizing the role of diamagnetic central metals, such as Zinc (II) and Aluminum (III),

in promoting intersystem crossing and maximizing singlet oxygen quantum yields via the heavy atom effect. The review addresses inherent physicochemical limitations, specifically aqueous insolubility and aggregation-induced quenching (AIQ) and evaluates synthetic modifications such as cationic peripheral functionalization designed to breach the outer membrane of Gram-negative bacteria. Furthermore, we discuss the integration of Pcs with pharmaceutical nanotechnology, including metallic nanoparticles, liposomes, and graphene oxide, which enhance bioavailability and facilitate synergistic photothermal therapy (PTT). The therapeutic potential of Pc-conjugates with bioactive molecules (e.g., antibiotics) is also highlighted. Finally, we critically assess the biological and regulatory barriers to clinical translation, including biofilm penetration, localized hypoxia, and dosimetry standards, proposing the engineering of stimulus-responsive nanoplatforms to overcome these challenges.



იმერეთის მხარის ვანის მუნიციპალიტეტის სოფელ ძუყნუჩის წყაროს წყლებში ფიზიოლოგიურად აქტიური იონების ჩაოდენობრივი განსაზღვრა

მანუჩარ ჩიქოვანი, გურამ გაბრიაძე, გიორგი იამანიძე,

ელენე ჭაბუშაძე, მაღონა სამხარაძე, ნინო კახიძე

აკაკი წეხეთელის სახელმწიფო უნივერსიტეტი (ქუთაისი)

madona.samkharadze@atsu.edu.ge

საკვანძო სიტყვები: ჰიდროქიმია; წყლის ანალიზი; იონები;
ვანის მუნიციპალიტეტის წყლები

შევისწავლეთ ვანის მუნიციპალიტეტის სოფელ ძუყნურის წყაროს წყლების ფიზიოლოგიურად აქტიური იონების რაოდენობრივი შედგენილობა. ამ მიზნით, გამოსაკვლევ წყაროებში შევისწავლეთ: pH – ის, წყლის სიხისტის, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , საერთო რკინის, HCO_3^- , Br^- , SO_4^{2-} – ის, Cl^- იონებისა და საერთო დარიშხანის შემცველობა. საკითხის აქტუალობა მდგომარეობს იმაში, რომ მოცემულ წყლებში პირველად იქნა განსაზღვრული ზემოთ აღნიშნული იონების შემცველობა. ანალიზები ტარდებოდა ქუთაისის აკაკი წერეთლის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ჰიდროქიმიის ლაბორატორიაში. ანალიზისათვის გამოვიყენეთ ჰიდროქიმიის პრაქტიკაში აპრობირებული მეთოდები.

მჟავიანობის მაჩვენებელი იზომებოდა – პოტენციომეტრული მეთოდით, Ca^{2+} ისა და Mg^{2+} შემცველობა, აგრეთვე წყლის საერთო სიხისტე გამოსაკვლევ წყლებში ისაზღვრებოდა კომპლექსონომეტრული მეთოდით. HCO_3^- იონი – აციდიმეტრული მეთოდით, Cl^- იონების განსაზღვრად გამოყენებული იყო მერკურიმეტრული მეთოდი. საერთო რკინისა და Cu^{2+} იონებს ვსაზღვრავდით – ფოტომეტრული მეთოდით. საერთო დარიშხანსა და Br იონებს-იოდიმეტრული მეთოდით. ანალიზის შედეგები მოცემულია N 1 ცხრილში.

ცხრილი N 1. იმერეთის მხარის ვანის მუნიციპალიტეტის სოფელ ძუყნურის წყაროს წყლებში ფიზიოლოგიურად აქტიური იონების რაოდენობრივი განსაზღვრის შედეგები

N	წყაროს წყლების კუთხური დასახელება	pH	მგ.ეკ. /ლ	მგ/ლ									
			წყლის სიხისტე	Mg^{2+}	Ca^{2+}	საერთო რკინა	Cu^{2+}	Cl^-	Br^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	საერთო დარიშხანი
1	ზალი	7,4	9,68	2,68	7,01	0,105	0,007	4,06	0,188	-	23,21	0,0577	0,08
2	ზაირა	7,5	6,63	1,92	4,58	-	-	2,96	0,094	-	13,14	0,1113	0,011
3	ლეღვი	8,9	38,26	21,71	16,52	-	-	7,28	0,198	4,10	66,61	0,0618	0,07

Quantitative Determination of Physiologically Active Ions in the Spring Waters of Dzukhunuri Village, Vani Municipality, Imereti Region

**MANUCHAR CHIKOVANI, GURAM GABRIADZE, GIORGI IAMANIDZE,
ELENE TABESHADZE, MADONNA SAMKHARADZE, NINO KAKHIDZE**
Akaki Tsereteli State University(Kutaisi)

KEYWORDS: Hydrochmistry; Water analysis; Vani Municipality; Ion

We studied the quantitative composition of physiologically active ions in the spring waters of the village of Dzukhunuri, Vani Municipality. For this purpose, the springs under investigation were studied for pH, water hardness, and the contents of Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , total iron, HCO_3^- , Br^- , SO_4^{2-} , Cl^- ions, and total arsenic. The relevance of the issue lies in the fact that the contents of the above-mentioned ions were determined in these waters for the first time. The analyses were conducted in the Hydrochemistry Laboratory of Akaki Tsereteli State University in Kutaisi. For the analysis, methods approved in hydrochemical practice were used.

The acidity index was measured by the potentiometric method. The contents of Ca^{2+} and Mg^{2+} , as well as the total hardness of the waters under investigation, were determined by the complexometric method. The HCO_3^- ion was determined by the acidimetric method. The mercurimetric method was used to determine Cl^- ions. Total iron and Cu^{2+} ions were determined by the photometric method. Total arsenic and Br^- ions were determined by the iodimetric method. The results of the analysis are given in Table N 1.

Table N 1. Results of the Quantitative Determination of Physiologically Active Ions in the Spring Waters of Dzukhunuri Village, Vani Municipality, Imereti Region

N	Local name of spring waters	pH	mg-eq./L	mg/L									
			Water hardness	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Total iron	Cu^{2+}	Cl^-	Br^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Total arsenic
1	Zali	7,4	9,68	2,68	7,01	0,105	0,007	4,06	0,188	-	23,21	0,0577	0,08
2	Zaira	7,5	6,63	1,92	4,58	-	-	2,96	0,094	-	13,14	0,1113	0,011
3	Leghvi	8,9	38,26	21,71	16,52	-	-	7,28	0,198	4,10	66,61	0,0618	0.07

ადტერნატიულ ნედლეულებზე და ახალი მიდგომებით ბიომინამასაღების მიღების ტექნოლოგიისა და თვისებათა სრულყოფა

მარინა შავდაყაძე¹, იღონა შავილაძე², თაიშურაზ ჭიჭვილი²

¹ საქართველოს უნივერსიტეტი

² საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

marishavlakadze@gmail.com

საკვანძო სიტყვები: ბიომინა; ბიომინაკრისტალური მასალა;
ფოსფორშემცველი ნედლეული; თვისებები; მედიცინაში გამოყენება

ცნობილია, რომ არსებული ბიოაქტიური მინები, მათ შორის პირველად სა-
მედიცინო პრაქტიკაში „in vivo” გამოყენებული 45S5 ბიომინა (24.5 % Na_2O , 24.5 %
 CaO , 45.0 % SiO_2 , 24.5 % CaO , 6.0 % P_2O_5), გამოირჩევიან მონათესავე კალციუმფო-
სფატური ბიოკერამიკიდან იმით, რომ უზრუნველყოფენ მჭიდრო კავშირს არა
მარტო სარეგენარაციო ძვლის ქსოვილთან, არამედ რბილ ქსოვილთანაც. აქე-
დან, ძვლის დეფექტების აღმოფხვრა, ბიომინის მიზნობრივად გამოყენების შემ-
თხვევაში, ორჯერ ნაკლებ დროს მოითხოვს, ვიდრე ბიოკერამიკის გამოყენებისას.
ამავე დროს, 45S5 ბიომინის მიღების ტექნოლოგია და თვისებები სრულყოფილი
არ არის. მისი სინთეზის ტექნოლოგია რთულია, რადგან კაზმი მიიღება „სველი”
მეთოდით, კერძოდ ზოლ-გელ ტექნოლოგიით, ნატრიუმის და კალციუმის წყალ-
ხსნადი მარილების და ორთოფოსფორმჟავის ურთიერთქმედებით (მიღებული
ნალექის რეცხვა-გასუფთავებით, შრობით და შეცხოვა-აგრეგაციით). იგივე მინის
უარყოფით თვისებად მიჩნეულია Na_2O -ს დიდი რაოდენობით შემცველობით გა-
მოწვეული მაღალი ხსნადობა ადამიანის ფიზიოლოგიურ გარემოში. აღნიშნულმა
შეიძლება გამოიწვიოს დაზიანებული ძვლის რეგენერაციის პროცესის დაჩქარე-
ბული და ამასთან არაერთგვაროვანი აღდგენა. აღნიშნულის აღმოსაფხვრელად
მიმართავენ 45S5 ბიომინის შედგენილობის კორექტირებას, როდესაც მცირდება
ან საერთოდ უგულოვდებიან Na_2O -ს შემცველობა (მაგ. S53P4, 58S, 70S30C და
სხვ. სახეობის ბიომინები). აღნიშნული ტენდენციები უზრუნველყოფს სასურველი
შედეგის მიღწევას, მაგრამ ართულებს მინის სინთეზის პროცესს, კერძოდ სინთე-
ზის ჩატარების ტემპერატურის ზრდის გამო.

ჩატარებული კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა 45S5 შედგენილობის ბიომინა,
ხოლო ტექნოლოგიურ ინოვაციას – მისი სინთეზი ალტერნატიულ სანედლეულო ბა-
ზაზე. გამოყენებული იქნა ორი განსხვავებული შედგენილობის კაზმი, რომლებშიც
ფოსფორშემცველ მასალადად აღებული იქნა საქონლის ძვლის ნაცარი (40.3 % P_2O_5 ,
53.2 % CaO , 2.8 % MgO , 0.4 % SiO_2 , 0.3 % Al_2O_3 , 0.1 % Fe_2O_3 . ხ.დ. 3,3 %) და სხვა ფოსფატებ-
თან შედარებით ღვრიან დაბალი ტემპერატურის მქონე ნატრიუმის პიროფოსფატი
(რეაქტივი, 99,1 % $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -ის შემცველობით). სხვა ნედლეულად აღებული იქნა მთის
ბროლი (99,9 % SiO_2), ნატრიუმის და კალციუმის კარბონატები (მარკა – „ქ.ს.”). მიღე-

ბული „მშრალი“ კაზმების სინთეზი ჩატარდა კორუნდის ქოთნებში. ორივე კაზმიდან მიღებული მინის ნადნობები გასუფთავდა 1300°C-ზე, რომელთაგან მიღებული იქნა საცდელი ნიმუშები ან ფრიტები. შედგენილობის შეუცვლელად, ორი განსხვავებული შედგენილობის კაზმიდან მიღებულ ბიომინას, საჭიროების შემთხვევაში ქიმიური ხსნადობის შემცირებისაკენ რეგულირების შესაძლებლობით დასადგენად, ჩაუტარდა იძულებით დაკრისტალება. პროცესი განხორციელდა 600-1000°C ტემპერატურულ ინტერვალში (ბიჭი 50°C). სასურველი მოცულობითი კრისტალიზაცია (მინა/კრისტალი ფარდობა დაახლოებით 50%) მიიღწევა 850°C-ზე, ხოლო 70 %-მდე კრისტალური ფაზა (მინაკრისტალური ანუ ამორფულ-კრისტალურ მდგომარეობაში გადასვლა) უკვე 900°C-ზე. რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით დადგინდა ამორფულ-კრისტალური ბუნების ბიომასალებში ორი სახეობის კრისტალური ფაზების არსებობა: 850°C-ზე დაკრისტალებულში – $\text{Na}_2\text{Ca}_2(\text{SiO}_3)_3$ და თანმხლები კრისტალური ფაზა $\text{Na}_2\text{Ca}_2(\text{SiO}_3)_3$ -ის სახით. 900°C-ზე დამუშავებულ მინებში – სურათი იცვლება და წამყვანი კრისტალური ფაზა წარმოდგენილია $\text{Na}_2\text{Ca}_2(\text{SiO}_3)_3$ -ით. ე.ი. აღნიშნულს უნდა გამოეწვია მინის შედგენილობაში არსებული Na_2O -ს უფრო დიდი რაოდენობით კრისტალურ ნაერთის წარმოქმნაში მონაწილეობა, აქედან კი ნარჩენ მინაში, როგორც მისი ყველაზე ხსნადი შემადგენლის, რაოდენობის შემცირება.

ძვლის ნაცრის და ნატრიუმის პიროფოსფატის საფუძველზე შედგენილი კაზმიდან მიღებული ბიომინები სრულად აკმაყოფილებენ ISO-სტანდარტის მოთხოვნებს შემდეგ მახასიათებელ თვისებებზე: სიმკვრივე ($2,64 \pm 0,1$ გ/სმ³), სიმტკიცე კუმშვაზე (440 ± 20 მპა), ხსნადობა ფიზიოლოგიურ ხსნარში ($2,1 \pm 0,1$ %), წყალშთანთქმა ($0,5 \pm 0,1$ %). მიუხედავად თვისებების მსგავსებისა, უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ძვლის ნაცრის გამოყენებით მიღებულ მინებს, რომელთა შედგენილობაში წარმოდგენილია MgO (2,8 %) და Fe_2O_3 (0,1 %) და ასევე ბუნებრივ ძვალში არსებული სხვა ესენციალური მიკროელემენტები, რომლებიც ხელს შეუწყობენ მიღებული მინების ბიოთავსებადობის და ბიოაქტიურობას. ამავე დროს დადგინდა, რომ მინების დაკრისტალებით შესაძლებელია მისი ფიზიკური მახასიათებლების ზრდა: სიმკვრივე ($2,79$ გ/სმ) და სიმტკიცე კუმშვაზე (710 მპა), ხოლო ფიზიოლოგიურ ხსნარში ხსნადობის შემცირება (1,75 %).

კვლევის შედეგებით მოპოვებულია მტკიცებულება, რომ ალტერნატიული ნედლეულის საფუძველზე შესაძლებელია მედიცინაში გამოყენებადი, პერსპექტიული და მოთხოვნადი მახასიათებელი თვისებების მქონე ამორფული (ბიომინა) და ამორფულ-კრისტალური (იძულებით დაკრისტალებული მინა) ბუნების ბიომასალების მიღება.

Improvement of Bioactive Glass Technology and Properties Using Alternative Raw Materials and Novel Processing Approaches

MARINE SHAVLAKADZE¹, ILONA SHEKILADZE², TEIMURAZ CHEISHVILI²

¹ University of Georgia, Tbilisi, Georgia

² Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

marishavlakadze@gmail.com

KEYWORDS: bioactive glass; glass-ceramic biomaterials; alternative phosphate-containing raw materials; controlled crystallization; biocompatibility; regenerative medicine

Bioactive glasses are among the most important biomaterials used in regenerative medicine because of their ability to establish strong chemical bonds with both bone and soft tissues. The well-known 45S5 Bioglass® (24.5 wt.% Na₂O, 24.5 wt.% CaO, 45.0 wt.% SiO₂, and 6.0 wt.% P₂O₅), the first bioactive glass successfully introduced into clinical practice for *in vivo* applications, promotes bone regeneration considerably faster than conventional calcium phosphate bioceramics. Nevertheless, its manufacturing technology remains technologically complex. Conventional synthesis is based on the wet sol-gel process involving water-soluble sodium and calcium salts together with orthophosphoric acid, followed by precipitation, washing, drying, and heat treatment. In addition, the relatively high Na₂O content of 45S5 increases its dissolution rate in physiological media, which may result in excessively rapid and non-uniform bone regeneration. To overcome these limitations, several modified bioactive glass compositions (e.g., S53P4, 58S, and 70S30C) with reduced or eliminated Na₂O have been developed; however, these compositions generally require higher melting temperatures and more demanding processing conditions.

The objective of the present study was to develop a 45S5-type bioactive glass synthesized from alternative raw materials. Two different glass batches were prepared using bone ash (40.3 wt.% P₂O₅, 53.2 wt.% CaO, 2.8 wt.% MgO, 0.4 wt.% SiO₂, 0.3 wt.% Al₂O₃, 0.1 wt.% Fe₂O₃; loss on ignition 3.3%) and sodium pyrophosphate (99.1 wt.% Na₄P₂O₇) as phosphorus-containing raw materials. High-purity natural quartz (99.9 wt.% SiO₂), sodium carbonate, and calcium carbonate were used as additional raw materials. Unlike conventional wet synthesis, the glasses were produced by a dry melting process in corundum crucibles. The melts were refined at 1300°C, producing both bulk glass samples and glass frits.

To evaluate the possibility of improving chemical durability without modifying the original glass composition, the obtained glasses were subjected to controlled crystallization within the temperature range of 600–1000°C at 50°C intervals. Approximately 50% volume crystallization (glass-to-crystal ratio) was achieved at 850°C, whereas heat treatment at 900°C resulted in approximately 70% crystalline phase, producing glass-ceramic materials. X-ray diffraction analysis showed that the glass-ceramics crystallized at 850°C contained Na₂Ca₂(SiO₃)₃ as the

principal crystalline phase together with $\text{Na}_2\text{CaSi}_3\text{O}_8$. After crystallization at 900°C , $\text{Na}_2\text{CaSi}_3\text{O}_8$ became the dominant crystalline phase. This phase transformation indicates greater incorporation of Na_2O into crystalline compounds, thereby reducing the concentration of residual Na_2O in the glassy matrix and consequently decreasing glass solubility.

Bioactive glasses synthesized from bone ash and sodium pyrophosphate fully satisfied the relevant ISO standard requirements, exhibiting a density of $2.64 \pm 0.10 \text{ g/cm}^3$, compressive strength of $440 \pm 20 \text{ MPa}$, dissolution in physiological solution of $2.1 \pm 0.1\%$, and water absorption of $0.5 \pm 0.1\%$. Although both raw material systems produced glasses with similar properties, the bone ash-derived glasses offer additional advantages because they naturally contain MgO (2.8%), Fe_2O_3 (0.1%), and other biologically essential trace elements present in natural bone, which are expected to improve biocompatibility and bioactivity. Furthermore, controlled crystallization significantly enhanced the physical properties of the materials, increasing the density to 2.79 g/cm^3 and the compressive strength to 710 MPa , while reducing dissolution in physiological solution to 1.75%.

The obtained results demonstrate that alternative phosphorus-containing raw materials can successfully be employed for the production of advanced amorphous bioactive glasses and glass-ceramic biomaterials with properties suitable for biomedical applications. The proposed technology expands the raw material base, simplifies the manufacturing process, and provides a promising, cost-effective approach for producing next-generation bioactive materials for regenerative medicine.

The Future of Medical Publishing: AI, Ethics, and Global Indexing

NATIA GABEDAVA

English Language invited Lecturer at Georgian State University of Sports, DOAJ – Associate Editor, COPE – Committee member

KEYWORDS: AI in Medical Publishing; Publication Ethics; Research Integrity

The rapid integration of Artificial Intelligence is fundamentally reshaping the landscape of medical publishing. The process has transformed everything from manuscript drafting to peer review. While AI offers unprecedented opportunities to streamline research workflows, it simultaneously introduces profound ethical challenges and structural shifts in international indexing landscape. This thesis explores the precarious intersection of technological innovation, publication ethics, and open-access standards, synthesizing perspectives from the Committee on Publication Ethics (COPE) and the Directory of Open Access Journals (DOAJ).

At the core of the ethical debate is the accountability of AI-generated content. Aligned with COPE principles – Large Language Models (LLMs) and generative AI tools cannot ful-

fill the criteria for authorship due to their inability to take legal and moral responsibility for data integrity. Instead, a strict, transparent framework for AI disclosure is mandated to combat emerging threats, including algorithmic bias, AI-fabricated medical data, and sophisticated “paper mills”, which could be damaging for scientific ecosystem and trust toward researches. Moreover, while automated systems can assist peer reviewers in detecting plagiarism or statistical anomalies, they must complement but not replace human editorial judgment, which remains the ultimate safeguard against clinical misinformation.

Simultaneously, the democratization of medical literature relies on robust global indexing strategies. According to the DOAJ perspective, the challenge lies in maintaining rigorous quality standards while ensuring equity. AI tools have the potential to bridge linguistic barriers, empowering international researchers to publish high-quality evidence. However, without adaptive indexing criteria, predatory journals may exploit AI to mass-produce substandard literature, threatening the credibility of open science.

Ultimately, the future of medical publishing requires a harmonized approach. By establishing proactive ethical guidelines and evolving indexing frameworks, the scientific community should leverage AI as an equitable tool that fortifies research integrity and accelerates evidence-based medicine worldwide.

The Impact of Modern Dietary Patterns on Structural and Functional Changes in the Digestive System: Evolutionary Changes of Gastrointestinal Organs

RUSUDAN VADATCHKORIA, PARVATHY NARAYAN

*Natural Sciences and Health Care Faculty
Batumi Shota Rustaveli State University*

KEYWORDS: gut microbiota; ultra-processed food; dietary evolution; gastrointestinal health

For millions of years, the human gut evolved with fiber-rich, plant-based, and natural diets. This close relationship with unprocessed food sources helped build a strong and diverse gut microbiome that supported efficient digestion, stable metabolism, and a balanced immune system. The fibrous and complex carbohydrates present in ancestral diets made the gastrointestinal system resilient and adaptable to environmental challenges. However, in the modern era, this evolutionary relationship has been hampered by the dominance of ultra-processed foods—high in refined sugars, saturated fats, and chemical additives, yet low in fiber and nutritional diversity. These foods have altered

the internal ecosystem of the human gut, speeding up digestion and disturbing metabolic stability.

As a result, the normal function of the gastrointestinal system is increasingly compromised, leading to a decline in microbial diversity. Modern dietary habits are now believed to be pushing the human gut toward a new evolutionary direction—one marked more by disease than resilience. This disruption has contributed to anatomical and physiological changes within the gut, which are closely linked to the rise of chronic disorders such as inflammatory bowel disease (IBD), irritable bowel syndrome (IBS), obesity, type 2 diabetes, and autoimmune conditions.

This paper explores how the transition from traditional, fiber-rich diets to highly processed Western diets has influenced the evolution of the human gastrointestinal system. It also examines how modern food processing and nutrient composition have reshaped the gut microbiota, immune responses, and digestive health. By understanding this evolutionary and nutritional shift, the study sheds light on the importance of restoring dietary diversity and fiber intake to rebuild microbial balance, enhance gut function, and reduce the risk of modern gastrointestinal and metabolic diseases.

MAKLINE COSMETICS: მეცნიერება, ბუნება და ინოვაცია პრემიუმ ვეგანურ კოსმეტიკაში

მაიკო ზაქრაძე

MAKLINE COSMETICS, საქართველო
maikozaqradze3@gmail.com

საკვანძო სიტყვები: ვეგანური კოსმეტიკა; კოსმეტიკური ქიმია; ბუნებრივი ინგრედიენტები; ბიოაქტიური ნაერთები; კანის ჯანმრთელობა

თანამედროვე კოსმეტოლოგია სულ უფრო მეტად ეფუძნება მტკიცებულებებზე დაფუძნებულ მეცნიერებას, უსაფრთხოებასა და ბუნებრივი ინგრედიენტების გამოყენებას. მომხმარებელთა მოთხოვნა ვეგანურ, ეკოლოგიურად პასუხისმგებლიან და კანისთვის უსაფრთხო პროდუქტებზე მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს კოსმეტიკური ინდუსტრიის განვითარების მიმართულებებს. ამ ტენდენციების წარმატებულ ქართულ მაგალითს წარმოადგენს MAKLINE COSMETICS — პრემიუმ კლასის ლიცენზირებული ვეგანური კოსმეტიკური ბრენდი, რომელიც აერთიანებს ფარმაცევტულ ცოდნას, კოსმეტიკურ ქიმიასა და თანამედროვე ტექნოლოგიებს.

ბრენდის პროდუქციის შექმნის პროცესში განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა ინგრედიენტების მეცნიერულ შერჩევას, ფორმულების სტაბილურობას, მიკრობიოლოგიურ კონტროლსა და დერმატოლოგიურ უსაფრთხოებას. ფორმულებში

გამოყენებულია ბუნებრივი წარმოშობის ბიოაქტიური კომპონენტები, მათ შორის მცენარეული ექსტრაქტები, პოლიფენოლები, ფლავონოიდები და ეთერზეთები, რომლებიც ხელს უწყობენ კანის ბარიერული ფუნქციის შენარჩუნებას, ოქსიდაციური სტრესის შემცირებასა და კანის ბუნებრივი ბალანსის დაცვას.

MAKLINE COSMETICS-ის საქმიანობა ეფუძნება საერთაშორისო პროფესიულ თანამშრომლობასა და ხარისხის კონტროლის თანამედროვე სტანდარტებს, რაც უზრუნველყოფს მომხმარებლის უსაფრთხოებასა და პროდუქციის მაღალ ხარისხს. აღნიშნული მიდგომა ნათლად წარმოაჩენს, თუ როგორ შეიძლება მეცნიერების, ბუნებრივი რესურსებისა და ინოვაციური ტექნოლოგიების ინტეგრაციით შეიქმნას თანამედროვე, ეფექტური და მომხმარებელზე ორიენტირებული კოსმეტიკური პროდუქცია.

პიელ ნატურალსი – ქართული ბუნებრივი კოსმეტიკის ტრადიცია, ინოვაცია და საერთაშორისო ხარისხის სტანდარტები

თამარ ღომაძე

პიელ ნატურალსი, საქართველო
info.pielnaturals@gmail.com

საკვანძო სიტყვები: ბუნებრივი კოსმეტიკა; Clean Beauty; GMP; ISO 9001; კოსმეტიკური ქიმია; ყურძნის წიპწის ზეთი

თანამედროვე კოსმეტიკური ინდუსტრია სწრაფად ვითარდება ბუნებრივი ინგრედიენტების, მტკიცებულებებზე დაფუძნებული ფორმულებისა და საერთაშორისო ხარისხის სტანდარტების მიმართულებით. ამ ტენდენციების წარმატებულ ქართულ მაგალითს წარმოადგენს პიელ ნატურალსი – ბუნებრივი კოსმეტიკის GMP (ISO 22716) და ISO 9001:2015 სერტიფიცირებული ბრენდი, რომელიც აერთიანებს 100-წლიან საოჯახო მემკვიდრეობას, თანამედროვე კოსმეტიკურ ქიმიასა და ინოვაციურ ტექნოლოგიებს.

ბრენდის ფილოსოფია ეფუძნება საქართველოს უნიკალური ბუნებრივი რესურსების, განსაკუთრებით ყურძნის წიპწის ზეთის, გამოყენებას, რომელიც გამოირჩევა ანტიოქსიდანტური, დამატენიანებელი და კანის დამცავი თვისებებით. პროდუქციის ფორმულები შეესაბამება Clean Beauty კონცეფციას და არ შეიცავს პარაბენებს, სილიკონებს, სულფატებს, პარაფინსა და გამომშრობ სპირტებს.

Piel Naturals-ის ყველა პროდუქტი იწარმოება საერთაშორისო ხარისხის მართვისა და კარგი საწარმოო პრაქტიკის (GMP) სტანდარტების შესაბამისად, რაც უზრუნველყოფს პროდუქციის უსაფრთხოებას, სტაბილურობასა და მაღალ ხარისხს.

საკუთარი ბრენდული პროდუქციის პარალელურად, კომპანია პარტნიორებს სთავაზობს Private Label წარმოებას, რაც ხელს უწყობს ინოვაციური კოსმეტიკური პროდუქტების შექმნასა და საერთაშორისო თანამშრომლობის განვითარებას.

Piel Naturals-ის გამოცდილება აჩვენებს, რომ ქართული ბუნებრივი რესურსების, მრავალწლიანი ტრადიციისა და თანამედროვე სამეცნიერო მიდგომების ინტეგრაცია ქმნის კონკურენტუნარიან, უსაფრთხო და საერთაშორისო ბაზარზე წარმატებით პოზიციონირებად კოსმეტიკურ პროდუქტებს.



სტატისტიკა

Transient Receptor Potential Channels in Pain and Itch

MERAB G. TSAGARELI and MAIA TSAGARELI

Ivane Beritashvili Center for Experimental Biomedicine,

Gotua Street 14, 0160 Tbilisi, Georgia

Corresponding author email: m.tsagareli@biomedicine.org.ge (Merab Tsagareli)

ABSTRACT

Pain and itch (pruritus) are distinct, complex sensory sensations that indicate actual or potential tissue damage. While both involve neural network activation, their physiological mechanisms differ: pain is a necessary signal of harm that triggers protective responses, whereas itch primarily provokes the urge to scratch. In pruritus, the general discourse deals with histaminergic and nonhistaminergic itch. Painful or itching stimulation applied to peripheral receptors evokes a cascade of nociceptive signaling in ascending somatosensory pathways, culminating in a distributed, multidimensional brain representation that is required to localize, interpret, modulate, and appropriately respond to the stimulus.

The Transient Receptor Potential (TRP) channel superfamily is distinct in that channels are nonselective for cations (for sodium and calcium) and are involved in a diverse array of biological functions, making them attractive targets for synthesizing novel therapeutics. They regulate many functions, such as sensory perception, pain and itch, immunity, digestion, cancer, development, urological, cardiovascular, and nervous systems. Moreover, these channels are widely distributed in various tissue membranes, and TRP channel mutations are observed in several diseases, such as hereditary diseases and many other TRP channelopathies. Among them are the TRPA1 channel, members of the vanilloid subfamily (TRPV1, TRPV3, and TRPV4), and members of the melastatin subfamily (TRPM2, TRPM3, and TRPM8).

TRP ankyrin 1 (TRPA1) is a calcium-permeable channel that is co-expressed on a subpopulation of TRPV1-expressing nociceptive nerve fibers' terminals and distal endings of mechanosensitive C-fibers, contributing to the transduction of noxious signals. TRPA1 is considered to detect non-histaminergic itch and hypersensitivity to noxious cold. Various irritant chemicals (e.g., pungent compounds) and endogenous products of tissue injury activate TRPA1.

TRP vanilloid 1 (TRPV1) is also a nonselective ion channel with high calcium permeability that is activated by capsaicin, heat ($>43^{\circ}\text{C}$), and pH (below <6). It is a prominent nociceptor in C-fiber sensory neurons involved in pain and itch pathways. TRPV1 is considered to detect non-histami-

nergic itch. It has become the first family member with a postulated and subsequently verified link to pain and itch, suggesting this protein receptor as a hub for algescic and pruritogenic signals. Both channels are attractive therapeutic targets in pain and itch.

KEYWORDS: algesia, allodynia, hyperalgesia, nociception, pruriception

Transient Receptor Potential Channels in Pain and Itch

MERAB G. TSAGARELI* and MAIA TSAGARELI

Ivane Beritashvili Center for Experimental Biomedicine, Tbilisi, Georgia

INTRODUCTION

Pain and itch (pruritus) are unpleasant sensations that indicate actual or potential tissue damage. Pain is a necessary alert signal that sets off protective responses, while itch mainly provokes the desire to scratch. Both are multifaceted or multidimensional experiences. However, pain and itch usually perform an important biological function for the body in normal states. For pruritus, the general discourse mainly deals with histaminergic and nonhistaminergic itch [1-4].

In the normal state, painful or itching stimulation applied to peripheral receptors evokes a cascade of nociceptive signaling in ascending somatosensory pathways that project to a distributed multidimensional brain representation required to localize, interpret, modulate, and appropriately respond to the stimulus [5].

It is well known that most cellular functions are regulated by the influx of different ions across the cell membrane through selective or nonselective channels. These channel gene families demarcate their important role in mammalian physiology. The transient receptor potential (TRP) channel superfamily is multimodal, nonselective for cations (calcium and sodium), and involved in a diverse array of biological functions, making them attractive targets for therapeutics [4,6-8].

They are multifunctional signaling molecules with important roles in health and disease. More than two decades of intensive preclinical and clinical research support the involvement of TRP channels in pain, itch, and neurogenic inflammation. In this regard, expression of TRP channels in cell types mediating innate (such as macrophages, dendritic cells, keratinocytes, mast cells, and natural killer cells) and adaptive (lymphocytes) immune response suggests involvement in the regulation of inflammation [9].

Furthermore, TRP ion channels are molecular sensors of chemical, thermal, and mechanical noxious stimuli that evoke pain and itch sensations. Among them are the TRPA1 channel, members of the vanilloid subfamily (TRPV1, TRPV3, and TRPV4), and finally members of the melastatin subfamily (TRPM2, TRPM3, and TRPM8) [10].

TRP channels regulate many functions, such as sensory perception, pain and itch, immunity,

* Corresponding author email: m.tsagareli@biomedicine.org.ge (Merab Tsagareli)

digestion, cancer, and development, and are involved in urological, cardiovascular, and nervous systems [6-7]. Moreover, these channels are widely distributed in various tissue membranes, and mutations in TRP channels are observed in several diseases, among them hereditary diseases and many other TRP channelopathies [11].

Given the importance of TRPA1 and TRPV1 in mediating itch signaling, investigation of these ion channels has been of considerable interest for their potential roles in contributing to chronic pruritus. Beyond their known expression in the nerve endings of primary afferent neurons, TRP channels have been found in keratinocytes, the epidermis, and mast cells, and are upregulated in affected skin in several dermatological pathologies associated with chronic itch, including atopic dermatitis, psoriasis, and prurigo nodularis [1].

ANKYRIN SUBFAMILY: TRPA1

The TRPA subfamily has only one member (TRPA1) due to numerous ankyrin repeats for the N-terminus. It is a calcium-permeable nonselective cation channel that contributes to the transduction of noxious and itch signals. On the one hand, TRPA1 is considered a chemical nociceptor as it is sensitive to various irritant chemicals and endogenous products of tissue injury. Among them are pungent compounds in spices, such as cinnamon, mustard oil, and wasabi, as well as chloroquine, acrolein, formalin, cannabinoids, and various reactive chemicals, oxygen, nitrogen, and carbonyl species. This channel is activated by mechanical stimuli and signals associated with tissue damage, pain, and itch [6].

On the other hand, TRPA1 was proposed as a noxious cold receptor in mice and insects. Although TRPA1 channels from insects to birds (endotherms) show heat-dependent activation, indicating the importance of TRPA1 in detecting ambient warm to hot temperatures, in mammals, TRPA1 temperature sensitivity remains controversial. Human TRPA1 has bimodal thermosensitivity, and mouse TRPA1 is involved in noxious heat sensitivity, but additional systematic analyses are needed to determine the general mechanism of mammalian TRPA1 thermosensitivity [12].

Further, the diversity of functions underlines its expression in cell types such as sensory vagal neurons, jugular veins, nodose ganglia, epithelial cells, and various other cells, making this channel relevant to a wide range of diseases and an attractive therapeutic target [6, 13].

Several natural compounds (TRPA1 agonists), such as curcumin, resveratrol, and chalcones, have been shown to activate and desensitize TRPA1, suggesting that the development of synthetic TRPA1 agonists could be an attractive path toward safe and efficacious pain therapy [14].

Regarding TRPA1 antagonists, several pharmaceutical companies are actively pursuing novel small-molecule antagonists and optimizing existing scaffolds. They will eventually provide clinically meaningful pain and itch relief. Preclinical research suggests that a centrally acting TRPA1 antagonist is likely to provide superior efficacy over the peripherally restricted mode of action. Development of centrally acting small-molecule TRPA1 antagonists has been challenging, especially regarding drug-like properties and medicinal chemistry optimization [14].

Finally, several rare gain-of-function variants of TRPA1 have been shown to cause pain in humans. Furthermore, several inflammatory pain mediators associated with various chronic pain conditions have been shown to increase TRPA1 sensitivity. Therefore, TRPA1 could be considered a promising target for drug therapy in humans.

Regarding itching, TRPA1 is critical for acute non-histaminergic itch and chronic itch in dry skin, and is partially involved in acute histaminergic itch. TRPA1 represents a promising target for the development of antipruritic drugs too [1].

VANILLOID SUBFAMILY

This group contains seven members (TRPV1-7) and is named for the sensitivity of the founding member, TRPV1, to the vanilloid capsaicin. These protein channels are polymodal, being activated by capsaicin, pH, and osmolarity changes, mechanical stimuli, high temperatures, lipids, and voltages. TRPVs can be further categorized by their thermal sensitivity: TRPV1, TRPV2, TRPV3, and TRPV4 are gated by warmth and painful heat and are termed thermo-TRP channels, along with TRPM3 and TRPM8. TRPV5, TRPV6, and TRPV7 are not activated by temperature and thus comprise a second subset of this subfamily. They have been associated with the fine regulation of calcium absorption in epithelia [6,7].

The temperature-driven activation of TRPV subfamily cation channels contributes to pruritus, flares, skin barrier dysfunction, atopic dermatitis development, and asthma attacks. The blocking of TRPV channels may attenuate temperature-mediated itch, skin barrier dysfunction, and the exacerbation of atopic dermatitis [1].

TRPV1

As mentioned, thermo-TRPs are crucial for physiological functions as they constantly monitor internal body temperature and warn about ambient hazards associated with heat and cold. They also act as polymodal sensors, integrating signals from mechanical and chemical stimuli in addition to temperature. For example, TRPV1 exhibits remarkable sensitivity to capsaicin, the spicy molecule of hot chili peppers, resulting in a sensation of heat and pain.

Since the TRPV1 ion channel was cloned in David Julius' laboratory in 1997 [15], there have been extensive efforts to reveal structural and functional details of this protein, which culminated in the Nobel Prize (2021) in Physiology and Medicine for him. Thus, nowadays it is one of the best characterized members of the TRP superfamily of ion channels. Its expression was highly enriched in dorsal root and trigeminal sensory ganglia, and in particular in small to medium diameter nociceptive neurons, offering a compelling potential basis for capsaicin-evoked pain [16].

TRPV1 responds to temperatures above 43°C and activates at neutral pH (≤ 6) at room temperature, and channel conformation changes. The opened channel typically allows influx of sodium and calcium ions into the cell, which results in neuronal depolarization. Consecutive action potential transmission causes release of neuropeptides from nociceptors, such as calcitonin gene-related peptide or substance P, ultimately sending harmful signals, such as pain, itching, burning, and stinging sensations to the spinal cord and brain, as well as activating neurogenic inflammation [17, 18].

The structure of TRPV1 ankyrin repeat domain was initially solved by X-ray crystallography. Later, cryo-EM was exploited to visualize conformational transition in TRPV1 that uncovered a two-step mechanism of proton modulation, substates reflecting phosphatidyl inositol lipid and vanilloid agonist binding stoichiometry and competition, and adaptive behavior of the selectivity filter, which accommodates permeation of small and large organic cations. Knockout (KO) *Trpv1* mice display a distinct thermoregulatory phenotype, and the development of inflammation-induced and injury-induced hyperalgesia (increased pain sensitivity) is impaired [19].

Drugs that target TRPV1 to modulate pain through an agonist strategy utilize overactivation that results in a desensitized and inactivated channel receptor state. When a high dose of agonist agent (capsaicin or resiniferatoxin-RFT) binds directly to the channel, a conformational change occurs that reduces calcium-dependent depolarization. A pain signal transmitted to the spinal cord decreases, and hence, the release of inflammatory neuropeptides diminishes, re-

sulting in hypo-algesia propagation. Thus, applied agonists will cause reduced pain, itching, and burning sensations.

Regarding TRPV1, competitive antagonists directly block the active vanilloid binding site while non-competitive agents indirectly bind nearby to allosterically modulate the channel and prevent the required conformational change from occurring. However, they may bind, and the ending result is the same, as channel activation is inhibited, so there is decreased calcium and sodium influx. This prevention of signal transduction reduces nociceptive signaling, inhibits thermal hyperalgesia, and opposes inflammatory pain [17].

However, harmful side effects of TRPV1-targeted antagonist drugs include the risk of thermos hypoesthesia or temperature dysregulation. Impaired temperature sensitivity can range from feeling chills to hyperthermia, and places patients at risk for burn injuries. Recent studies have provided insight that TRPV1 nociception and thermoregulation pathways have biased allosteric mechanisms, indicating that even more specific channel targeting may reduce unwanted side effects [17].

More than twenty-five years after its cloning [15, 16], TRPV1 has become the first subfamily member linked to thermal pain and itch. Histamine activates primary sensory neurons via the histamine type 1 receptor (H1R) linked to TRPV1, and histamine-evoked scratching is attenuated in knockout mice lacking TRPV1 [1, 2].

We have recently found that an intraplantar injection of histamine in mice resulted in significant thermal hyperalgesia and mechanical allodynia ipsilaterally that persisted for 1 h. Pretreatment with the TRPV1 antagonist AMG-517, but not the TRPA1 antagonist HC-030031, significantly attenuated the magnitude and time course of thermal hyperalgesia and mechanical allodynia elicited by histamine, indicating that these effects are mediated by TRPV1 [20, 21].

In addition, non-histaminergic pruritus, such as that in cholestasis, has also been related to TRPV1 sensitization by pruritogens. TRPV1 also indirectly contributes to non-histaminergic itch via protease-activated receptor 2 (PAR2) and PAR4, which are involved in chronic neurogenic inflammation. The latter sensitizes TRPV1 channels and induces itch [1, 22].

TRPV3

The third vanilloid member was cloned from mouse skin keratinocytes and various human tissues and was immediately confirmed to be sensitive to innocuous thermal stimulation in the warm range (34–38°C). TRPV3 is expressed in mammalian skin, tongue, dorsal root ganglion (DRG), trigeminal ganglion (TG), spinal cord, and brain. This calcium-permeable protein demonstrates increasing current responses to repeated applications of heat or agonists, termed sensitization [19, 23–25].

From a structural point of view, firstly, TRPV3 ankyrin repeat domain was determined by X-ray crystallography. Subsequently, numerous TRPV3 structures solved in a diverse range of conformations provided valuable information for understanding the molecular mechanisms underlying thermo-TRP temperature sensations [19]. Recently, it has been established that cryo-EM structures illuminate the opening and inactivation of wild-type human TRPV3 in response to binding of two types of agonists: either the natural cannabinoid tetrahydrocannabivarin (THCV) or synthetic agonist 2-aminoethoxydiphenylborane (2-APB). THCV binds to the vanilloid site, while 2-APB binds to the S1-S4 base site. Despite binding to distally located sites, both agonists induce similar pore opening and cause dissociation of a lipid that occupies the vanilloid site in their absence. These data uncover different but converging allosteric pathways through which small-molecule agonists activate TRPV3 and provide a framework for drug design and under-

standing the role of lipids in ion channel function [25].

TRPV3 is involved in multiple physiological and pathological functions of the skin, such as atopic dermatitis and Olmsted syndrome. It is expressed in diverse human tissues, among them the skin, testes, DRG, spinal cord, and brain. Plant-derived camphor activates TRPV3 and sensitizes responses of the channel to warmth. Warm temperature stimulates TRPV3 in keratinocytes, releasing various inflammatory factors that activate pruriceptors in sensory neurons to transmit itch signals [26, 27].

TRPV3 can also be activated by chemicals such as eugenol, thymol, and carvacrol, major components of oregano, savory, clove, and thyme. In mice, TRPV3 was not detected in DRG neurons, but it was detected in keratinocytes and is essential in causing allergic and pruritic dermatitis in rodents. In contrast, in primates, TRPV3 expression is also observed in DRG, TG sensory neurons, hypothalamus, and several nonneuronal tissues [28].

A recent study provided a clear link between TRPV3 and atopic dermatitis, showing that interleukin-31 (IL-31) induces B-type natriuretic peptide (BNP) synthesis and release from sensory neurons. BNP subsequently binds to the natriuretic peptide receptor (NPR1) on keratinocytes to upregulate TRPV3 transcripts. It could increase the surface expression of TRPV3, resulting in heightened TRPV3 activity and increased serpin E1 release. In turn, serpin E1 activates sensory fibers in the skin and promotes itch transduction [29].

An increasing number of studies have shown that keratinocyte-expressed TRPV3 is involved in chronic pruritus and itch transmission [30]. In particular, Han et al. [31] reported that citrusinine-II, a plant-derived natural acridone alkaloid from *A. monophylla*, is a potent and selective antagonist of TRPV3 that has a strong antipruritic effect in both in vivo and in vitro experiments. These data indicate the potential of citrusinine-II-targeted therapy for itch [31].

In another study, it was found that keratinocytes isolated from patients with atopic dermatitis exhibited enhanced heat sensitivity and hyperactivity of TRPV3 [32]. TRPV3 was upregulated in the skin of the MC903-induced chronic atopic dermatitis mouse model. Heat stimulation to MC903-treated mice increased scratching behavior and produced higher levels of thymic stromal lymphopoietin (TSLP), nerve growth factor (NGF), prostaglandin E2 (PGE2), and IL-33 from the epidermis, which were attenuated by the pharmacologic inhibition of TRPV3 [32].

Taken together, recent studies in rodents evaluated the relation of TRPV3 to itch in atopic dermatitis and psoriasis. However, less is known concerning the clinical relevance of TRPV3 in human studies. Further research is needed to reveal the roles of TRPV3 in human skin dysesthesia and abnormalities in detail [1].

TRPV4

TRPV4 was discovered as a multimodal ion channel activated by diverse physical stimuli, including warm temperature, hypotonic cell swelling, membrane stretch, and low pH. TRPV4 is also sensitive to various chemical stimuli, including synthetic agonists like GSK1016790A and phorbol esters. Several endogenous lipid molecules, such as arachidonic acid (AA) and its metabolites, as well as endocannabinoids, activate or regulate the TRPV4 channel. Certain synthesized chemical antagonists, HC-067047 and GSK2798745, inhibit TRPV4 activity. One of the major regulatory pathways of this channel is through protein phosphorylation catalyzed by various protein (e.g., PKC, PKA), and other (e.g., SGK1, and Src) kinases [33].

The physiological roles of TRPV4 are tissue-specific, and the mechanisms behind this specificity remain mostly unclarified. It is noteworthy that mutations in the TRPV4 channel have been associated with a broad spectrum of congenital diseases, with most of these mutations mainly

resulting in gain-of-function. Mutations have been identified in human patients showing a variety of phenotypes and symptoms, mostly related to skeletal and neuromuscular disorders. Since TRPV4 is so widely expressed throughout the body, it comes as no surprise that the literature is growing in evidence linking this protein to malfunction in systems other than the skeletal and neuromuscular [34].

This channel is activated by heat, with the temperature threshold around 24°C. Experiments on rats treated with selective TRPV4 agonists and antagonists revealed that this channel is involved in the recruitment of behavioral and autonomic warmth-defensive responses to regulate core body temperature. The disorder region of the TRPV4 N-terminus and its ankyrin repeat domain portion were extensively studied in isolation using mutagenesis and different methods, such as X-ray crystallography, mass spectrometry, fluorescence spectroscopy, and others. Subsequently, high-resolution cryo-EM structures were solved for human TRPV4 in complex with GTPase RhoA, as well as human and mouse TRPV4 in the apo state and in complex with agonists, competitive antagonists, and nonselective ion channel blocker ruthenium red [25].

An unexpected role for TRPV4 in itch came with the discovery that scratching behavior elicited by histamine [35, 36] and serotonin [37] was reduced in KO mice lacking TRPV4, and that serotonin-evoked scratching, and the activation of DRG neurons were reduced by a TRPV4 antagonist in wild-type mice [37] (for a review, see [38]).

Scratching elicited by the intradermal injection of endothelin-1 was also attenuated in TRPV4 KO mice [35]. Scratching elicited by cinnamaldehyde (CA) was also reduced in TRPV4 KO mice [39]. Signs of chronic itch in dry skin and contact dermatitis models were also reduced in KO mice lacking TRPV4 [38, 40].

Recent studies suggest that chemicals from traditional Chinese medicines such as vitexin (apigenin-8-C-glucoside) [41] or cimifugin (from the herb *Saposhnikovia divaricata*) [42] may target TRPV4 to relieve acute and chronic itch. Thus, TRPV4 appears to be a good target for the development of drugs to alleviate itch [1].

MELASTATIN SUBFAMILY

TRPM channels are a genetically and functionally diverse subfamily comprising eight members (TRPM1–8). They share or are similar in some characteristics, but differ in others. For example, TRPM2, TRPM6, and TRPM7 are unique, containing enzymatically active protein domains in their C-termini. TRPM1 (the first identified) is considered a marker for metastasized melanoma. TRPM3 is proposed to be thermosensitive to temperature in the warm range. TRPM4 and TRPM5 are the only members of the TRP channel superfamily selective for just monovalent ions do not permeable to calcium. TRPM8 was first identified in transformed prostate cells as an androgen-responsive channel, but it also serves as a sensor for cold temperatures in the peripheral nervous system [6, 43, 44]. Accumulating evidence has recently established TRPM channels as crucial regulators of energy metabolism [45].

TRPM2

TRPM2 was first cloned from human fetal brain, and later demonstrated that it can be activated by exposure to high temperature (> 35°C), apparently through direct heat-evoked channel gating. The structures of TRPM2 were solved by cryo-EM for a zebrafish (*Danio rerio*) ortholog, both in the closed apo state and in the open state activated by the agonist ADP ribose and calcium cations. Subsequent studies of sea anemone (*Nematostella vectensis*), zebrafish, and human TRPM2 unveiled additional conformations and binding sites, thereby providing insights into

pharmacology and structural differences between the TRPM2 orthologs [46].

It has recently been proposed that the warmth sensitivity of TRPM2 is uniquely dependent on calcium ion permeability, and it is regulated by using a positive feedback mechanism. The altered sensation of innocuous heat in KO mice supports the hypothesis that TRPM2 expressed in somatosensory neurons mediates an innocuous “warm” signal. In addition, hypothalamic TRPM2 channels have been shown to function as temperature sensors, which limit fever responses and detect increased temperatures to prevent overheating [19].

Further, aberrant expression of TRPM2 is associated with various pathological conditions. Overexpression of TRPM2 promotes cell survival in multiple malignancies, including neuroblastoma, lung, prostate, stomach, and pancreatic cancers. TRPM2 also mediates different neurological disorders, such as Alzheimer's disease (AD), Parkinson's disease (PD), and epilepsy, and contributes to ischemia/reperfusion injury [47].

TRPM3

TRPM3 is an ion channel inhibited by GPCRs through direct interaction with G protein ($G\beta\gamma$) released upon their activation. This GPCR-TRPM3 signaling pathway contributes to the analgesic effect of morphine. The structure of mouse TRPM3 has been solved recently in the apo form, in complex with phosphatidyl-inositol-4,5-bisphosphate (PIP2) lipid bound to the interface between the S1-S4 bundle and pre-S1 helix, and in complex with G-protein ($G\beta 1\gamma 2$) [48]. This channel is activated by heat in the range 31-45°C. TRPM3 plays a critical role in nociception, and *Trpm3* KO mice exhibit reduced noxious heat sensitivity at cellular and behavioral levels [19].

TRPM8

The menthol-sensitive TRPM8 channel is activated by cooling stimuli and is involved in cold allodynia and aberrant cold sensitivity. Initially, it was shown to be overexpressed in different types of cancer cells and was first cloned from human prostate carcinoma cells without characterization of ion channel functions. Later authors found that TRPM8 represents an ion channel that is activated by thermal stimuli in the cool to cold range between 8-28°C, as well as by cooling compounds menthol and icilin. Increased TRPM8 activity in DRG and the spinal cord

raises calcium influx and activates MAPK pathways, which boost neuronal excitability and central sensitization, allowing TRPM8 to influence spinal and supraspinal pain circuits. This amplifies nociceptive signaling, neuronal sensitization, and cold hypersensitivity, which are transmitted toward the CNS by A β and C fibers [19,49,50].

In collaboration with American colleagues, we found that menthol dose-dependently increased the latency for noxious heat-evoked withdrawal of the treated hindpaw with a weak mirror-image effect, indicating antinociception. Menthol at the highest concentration (40%) reduced mechanical withdrawal thresholds, with no effect at lower concentrations. At the time, menthol had a biphasic effect on the cold avoidance reflex. At high concentrations (10% and 40%), menthol reduced avoidance of colder temperatures (15°C and 20°C) compared to 30°C, while at lower concentrations (0.01-1%), menthol enhanced cold avoidance. In a -5°C cold plate test, 40% menthol significantly increased the nocifensive response latency (cold hypo-algesia), while lower concentrations were not different from vehicle controls. These results are generally consistent with neurophysiological and human psychophysical data and support TRPM8 as a potential peripheral target of pain modulation [51].

While skin cooling has been used for centuries to relieve itch, it was only recently shown that skin cooling and menthol can alleviate both histaminergic and nonhistaminergic itch-related

behavior in mice in a TRPM8-dependent manner [52]. Cold fibers are thought to activate inhibitory spinal interneurons that suppress spinal itch transmission. Indeed, mice lacking a particular class of itch-inhibitory spinal interneurons exhibited a reduction in the antipruritic effect of menthol [1].

CONCLUSIONS

Ubiquitous expression of TRP channels underscores their relevance across virtually every facet of human physiology and pathology. They remain viable targets for the development of novel therapeutics to treat acute and chronic pain, itch, inflammation, and various diseases. For example, TRP channel antagonists are obvious tools to dampen channel function when the underlying disease involves hyperactivity. Indeed, many such molecules are either in development or have been employed in various phases of clinical trials. These studies are also merged with known binding and channel regulation of several natural products that are ligands for these channels. While antagonists are the obvious route to treatment, developing novel channel agonists is a viable approach for some conditions. In particular, the TRPM8 and TRPV1 channel agonists, menthol and capsaicin, respectively, have been used to treat holistically a plethora of conditions, including pain, pruritus, headaches, and others. Thus, the role of TRP channels in the specific disease is critical for therapies.

REFERENCES

1. Tsagareli MG, Follansbee T, Iodi Carstens, Carstens E. (2023) Targeting transient receptor potential (TRP) channels, mas-related G-Protein-coupled receptors (Mrgprs), and protease-activated receptors (PARs) to relieve itch. *Pharmaceuticals*; 16: 1707, doi: 10.3390/ph16121707.
2. Tsagareli MG, Carstens EE. (2023) Chapter one – allodynia and hyperalgesia in pruritus: involvement of TRP channels. In: Tsagareli MG, and Follansbee T (eds). *Histaminergic and Non-Histaminergic Itch*. Nova Science: New York, pp. 1–23.
3. Yuan T, Li J, Shen L, Zhang W, Wang T, Xu Y, Zhu J, Huang Y, Ma C. (2024) Assessment of itch and pain in animal models and human subjects. In: Ma C, and Huang Y. (eds.) *Translational Research in Pain and Itch*. Chap. 1, 2nd ed., Springer, pp. 1-22, doi: 10.1007/978-981-99-8921-8_1.
4. Tsagareli MG, Nozadze I, Gurtskaia G, Tsagareli M, Carstens Iodi M, Gedevanishvili G., Carstens E. (2025). Nociceptive modulation by inactivation of TRPA1 and TRPV1 channels. *Med Res Arch*, [online] 13(12), doi: 10.18103/mra.v13i12.7150.
5. Motzkin JC, Basbaum AI, Crowther AJ (2024) Neuroanatomy of the nociceptive system: From nociceptors to brain networks. *Int Rev Neurobiol*; 179:1-39, doi: 10.1016/bs.irn.2024.10.008.
6. McKemy DD. (2024) What makes TRP channels attractive therapeutic targets? In: Szallasi A. (ed). *TRP Channels as Therapeutic Targets*. Chap. 1, 2nd ed., Elsevier, pp. 1-7, doi: 10.1016/B978-0-443-18653-0.00018-6.
7. Rangel-Yescas GE, Islas LD. (2024) Biology of TRP channels. In: Szallasi A. (ed). *TRP Channels as Therapeutic Targets*. Chapt. 2, 2nd ed., Elsevier, pp. 9-34, doi: 10.1016/B978-0-443-18653-0.00020-4.
8. Tsagareli M.G., Nozadze I. (2020) An overview on transient receptor potential channels superfamily. *Behavioural Pharmacol*; 31(5):413-434, doi: 10.1097/FBP.0000000000000524.
9. Koivisto A-P, Szallasi A. (2024) Targeting TRP channels for pain, itch and neurogenic inflammation. *Int. J.Mol. Sci*; 25: 320, doi: 10.3390/ijms25010320.
10. Moore C, Gupta R, Jordt SE, Chen Y, Liedtke WB. (2018) Regulation of pain and itch by TRP channels. *Neurosci Bull*; 34(1):120-142, doi: 10.1007/s12264-017-0200-8.
11. Kiselyov K. (2024) TRP channelopathies: TRP channel dysfunction in hereditary diseases. In:

- Szallasi A. (ed). *TRP Channels as Therapeutic Targets*. Chap. 5, 2nd ed., Elsevier, pp. 71-34, doi: 10.1016/B978-0-443-18653-0.00017-4.
12. Tominaga M, Iwata M. (2025) TRPA1 and thermosensitivity. *J Physiol Sci*; 75(1): 100010, doi: 10.1016/j.jphys.2025.100010.
 13. Talavera K, Startek JB, Alvarez-Collazo J, Boonen B, Alpizar YA, Sanchez A, Naert R, Nilius B. (2020) Mammalian transient receptor potential TRPA1 channels: From structure to disease. *Physiol Rev*; 100 (2):725-803, doi: 10.1152/physrev.00005.2019.
 14. Koivisto A, Jalava N, Rantanen M, Chapman H, Holm P, Pertovaara A. (2024) TRPA1 antagonists for pain relief. In: Szallasi A. (ed). *TRP Channels as Therapeutic Targets*. Chap. 12, 2nd ed. Elsevier, pp. 185-202, doi: 10.1016/B978-0-443-18653-0.00032-0.
 15. Caterina MJ, Schumacher MA, Tominaga M, Rosen TA, Levine JD, Julius D. (1997) The capsaicin receptor: a heat-activated ion channel in the pain pathway. *Nature*; 389(6653):816-824, doi: 10.1038/39807.
 16. Caterina M.J. (2021) How do you feel? A warm and touching 2021 Nobel tribute. *J Clin Invest*; 131(24): e156587, doi: 10.1172/JCI156587.
 17. Tsai EH, Gan TJ. (2026) TRPV1 receptor modulators: Emerging therapies for neuropathic, osteoarthritic, and perioperative pain. *CNS Drugs*; 40(4):523-534, doi: 10.1007/s40263-026-01272-1.
 18. Fernández-Carvajal A, Fernández-Ballester G, Ferrer-Montiel A. (2022) TRPV1 in chronic pruritus and pain: Soft modulation as a therapeutic strategy. *Front Mol Neurosci*; 15: 930964, doi: 10.3389/fnmol.2022.930964.
 19. Nadezhdin KD, Sobolevsky AI. (2024) Thermo-TRPs: Temperature-sensitive TRP channels. In: Szallasi A. (ed). *TRP Channels as Therapeutic Targets*. Chap. 4, 2nd ed. Elsevier, pp. 53-70, doi: 10.1016/B978-0-443-18653-0.00032-0.
 20. Tsagareli, M.G.; Carstens, E.E. Allodynia and hyperalgesia in pruritus: Involvement of TRP channels. In: Tsagareli, MG, Follansbee T. (eds). *Histaminergic and Non-Histaminergic Itch*; Nova Science: New York, USA, 2023; Chapter 1; pp. 1-23.
 21. Tsagareli MG, Nozadze I, Tsiklauri N, Carstens MI, Gurtskaia G, Carstens E. (2020) Thermal hyperalgesia and mechanical allodynia elicited by histamine and non-histaminergic itch mediators: Respective involvement of TRPV1 and TRPA1. *Neuroscience*; 449:35-45, doi: 10.1016/j.neuroscience.2020.09.048.
 22. Shirolkar P, Mishra SK. (2022) Role of TRP ion channels in pruritus. *Neurosci Lett*; 768: 136379, doi: 10.1016/j.neulet.2021.136379.
 23. Peier AM, Reeve AJ, Andersson DA, Moqrich A, Earley TJ, Hergarden AC, Story GM, Colley S, Hogenesch JB, McIntyre P, Bevan S, Patapoutian A. (2002) A heat-sensitive TRP channel expressed in keratinocytes. *Science*; 296(5575): 2046-2049, doi: 10.1126/science.1073140.
 24. Xu H, Ramsey IS, Kotecha SA, Moran MM, Chong JA, Lawson D, Ge P, Lilly J, Silos-Santiago I, Xie Y, DiStefano PS, Curtis R, Clapham DE. (2002) TRPV3 is a calcium-permeable temperature-sensitive cation channel. *Nature*; 418(6894): 181-186, doi: 10.1038/nature00882.
 25. Nadezhdin KD, Neuberger A, Khosrof LS, Talyzina IA, Khau J, Yelshanskaya MV, Sobolevsky AI. (2024) TRPV3 activation by different agonists is accompanied by lipid dissociation from the vanilloid site. *Sci Adv*; 10(18): eadn2453, doi: 10.1126/sciadv.adn2453.
 26. Guo Y, Song Y, Liu W, Wang T, Ma X, Yu Z. (2023) Novel insights into role of keratinocytes-expressed TRPV3 in the Skin. *Biomolecules*; 13(3):513, doi: 10.3390/biom13030513.
 27. Sanjel B, Shim W-S. (2023) Molecules that channel stimulus into pruritus. In: Tsagareli MG, Follansbee T. (eds.). *Histaminergic and Non-Histaminergic Itch*. Nova Science: New York, USA, Chap. 4, pp. 59-92.
 28. Steinhoff M, Bíró TA. (2009) TR(i)P to pruritus research: Role of TRPV3 in inflammation and itch. *J Invest Dermatol*; 129:531-535, doi: 10.1038/jid.2008.440.
 29. Larkin C, Chen W, Szabó IL, Shan C, Dajnoki Z, Szegedi A, Buhl T, Fan Y, O'Neill S, Walls D

- (2021) Novel insights into the TRPV3-mediated itch in atopic dermatitis. *J Allergy Clin Immunol*; 147:1110–1114.e5, doi: 10.1016/j.jaci.2020.09.028.
30. Um JY, Kim HB, Kim JC, Park JS, Lee SY, Chung BY, Park CW, Kim HO. (2022) TRPV3 and itch: The role of TRPV3 in chronic pruritus according to clinical and experimental evidence. *Int J Mol Sci*; 23(23):14962, doi: 10.3390/ijms232314962.
 31. Han Y, Luo A, Kamau PM, Takomthong P, Hu J, Boonyarat C, Luo L, Lai R. (2021) A plant-derived TRPV3 inhibitor suppresses pain and itch. *Br J Pharmacol*; 178:1669–1683, doi: 10.1111/bph.15390.
 32. Seo SH, Kim S, Kim SE, Chung S, Lee SE. (2020) Enhanced thermal sensitivity of TRPV3 in keratinocytes underlies heat-induced pruritogen release and pruritus in atopic dermatitis. *J Invest Dermatol*; 140:2199–2209.e6, doi: 10.1016/j.jid.2020.02.028.
 33. Parthasarathy A, Zhang DX. (2026) An update on regulation of the polymodal TRPV4 channel by protein phosphorylation. *Channels*; 20(1):2611698, doi: 10.1080/19336950.2025.2611698.
 34. Hernández-Vega AM, García-Villegas R, Rosenbaum T. (2024) Roles for TRPV4 in disease: A discussion of possible mechanisms. *Cell Calcium*; 124:102972, doi: 10.1016/j.ceca.2024.102972.
 35. Chen Y, Fang Q, Wang Z, Zhang JY, MacLeod A, Hall RP, Liedtke WB. (2016) Transient receptor potential vanilloid 4 ion channel functions as a pruriceptor in epidermal keratinocytes to evoke histaminergic itch. *J Biol Chem*; 291:10252–10262, doi: 10.1074/jbc.M116.716464
 36. Kim S, Barry DM, Liu XY, Yin S, Munanairi A, Meng QT, Cheng W, Mo P, Wan L, Liu SB. (2016) Facilitation of TRPV4 by TRPV1 is required for itch transmission in some sensory neuro populations. *Sci. Signal*; 9:ra71, doi: 10.1126/scisignal.aaf1047.
 37. Akiyama T, Ivanov M, Nagamine M, Davoodi A, Carstens MI, Ikoma A, Cevikbas F, Kempkes C, Buddenkotte J, Steinhoff M. (2016) Involvement of TRPV4 in serotonin-evoked scratching. *J Invest Dermatol*; 136, 154–160, doi: 10.1038/JID.2015.388.
 38. Zhang Q, Henry G, Chen Y. (2021) Emerging role of transient receptor potential vanilloid 4 (TRPV4) ion channel in acute and chronic itch. *Int J Mol Sci*; 22: 7591, doi: 10.3390/ijms22147591.
 39. Domocos D, Follansbee T, Nguyen A, Nguyen T, Carstens MI, Carstens E. (2020) Cinnamaldehyde elicits itch behavior via TRPV1 and TRPV4 but not TRPA1. *Itch*; 5: e36, doi: 10.1097/itx.000000000000036.
 40. Luo J, Feng J, Yu G, Yang P, Mack MR, Du J, Yu W, Qian A, Zhang Y, Liu S. (2018) Transient receptor potential vanilloid 4-expressing macrophages and keratinocytes contribute differentially to allergic and nonallergic chronic itch. *J Allergy Clin Immunol*; 141: 608–619.e7, doi: 10.1016/j.jaci.2017.05.051.
 41. Qin Z, Xiang L, Zheng S, Zhao Y, Qin Y, Zhang L, Zhou L. (2023) Vitexin inhibits pain and itch behavior via modulating TRPV4 activity in mice. *Biomed Pharmacother*; 165: 115101, doi: 10.1016/j.biopha.2023.115101.
 42. Yan J, Ye F, Ju Y, Wang D, Chen J, Zhang X, Yin Z, Wang C, Yang Y, Zhu C. (2021) Cimifugin relieves pruritus in psoriasis by inhibiting TRPV4. *Cell Calcium*; 97: 102429, doi: 10.1016/j.ceca.2021.102429.
 43. doi: 10.1016/j.ceca.2021.102429.
 44. Vydra Bousova K, Zouharova M, Jiraskova K, Vetyskova V. (2023) Interaction of calmodulin with TRPM: An initiator of channel modulation. *Int J Mol Sci*; 24(20):15162, doi: 10.3390/ijms242015162.
 45. Huffer K, Denley MCS, Oskoui EV, Swartz KJ. (2024) Conservation of the cooling agent binding pocket within the TRPM subfamily. *Elife*; 13:RP99643, doi: 10.7554/eLife.99643.
 46. Han M, Xu G. (2026) The TRPM family: key players and mechanisms in energy metabolism. *Cell Calcium*; 135:103135, doi: 10.1016/j.ceca.2026.103135.
 47. Yu X, Xie Y, Zhang X, Ma C, Liu L, Zhen W, Xu L, Zhang J, Liang Y, Zhao L, Gao X, Yu P, Luo J, Jiang LH, Nie Y, Yang F, Guo J, Yang W. (2021) Structural and functional basis of the selectivity filter as a gate in human TRPM2 channel. *Cell Rep*; 37(7):110025, doi: 10.1016/j.celrep.2021.110025.
 48. Sultana S, Xie Y, Kamal MS, Li W. (2026) Pathophysiological significance of the TRPM2 ion chan-

- nel as a potential target in cancer, neurological disorders, and ischemia/reperfusion injury. *Pharmacol Res*; 225:108132, doi: 10.1016/j.phrs.2026.
49. Zhao C, MacKinnon R. (2023) Structural and functional analyses of a GPCR-inhibited ion channel TRPM3. *Neuron*; 111(1):81-91.e7, doi: 10.1016/j.neuron.2022.10.002.
50. Dhande M, Chouhan D, Verma N, Deb PK, Verma N, Tiwari V. (2026) Neurobiology of TRPM channels in pain processing: Current advances and future directions. *Life Sci*; 386: 124169, doi: 10.1016/j.lfs.2025.124169.
51. Gandini MA, Zamponi GW. (2024) Navigating the controversies: Role of TRPM channels in pain states. *Int J Mol Sci*; 25(19):10284, doi: 10.3390/ijms251910284.
52. Klein AH, Sawyer CM, Carstens MI, Tsagareli MG, Tsiklauri N, Carstens E. (2010) Topical application of L-menthol induces heat analgesia, mechanical allodynia, and a biphasic effect on cold sensitivity in rats. *Behav Brain Res*; 212(2):179-186, doi: 10.1016/j.bbr.2010.04.015.
53. Mahmoud O, Soares GB, Yosipovitch G. (2023) Transient receptor potential channels and itch. *Int J Mol Sci*; 24: 420, doi: 10.3390/ijms24010420.

Study of the potential use of a bentonite clay-sulfur composite in the organic agriculture

MZIA BERUASHVILI,¹ *PhD in Agriculture*

LEVAN UJMAJURIDZE,¹ *PhD in Agriculture, Academician*

MAIA MIRVELASHVILI,¹ *PhD in Agriculture*

OMARI LOMTADZE,² *PhD in Technical Sciences*

¹ *Scientific-Research Center of Agriculture, Tbilisi, Georgia*

² *TSU Institute of Physical and Organic Chemistry*

mzia.beruashvili@srca.gov.ge

ABSTRACT

Organic production is growing annually both worldwide and in Georgia, driven by its critical importance for a healthy environment and sustainable future. However, to achieve the desired outcomes in organic agriculture, it is essential to replace synthetic pesticides and agrochemicals with bio-preparations and inputs permitted in organic farming. The present study addresses one of such environmentally safe alternative developed at the Georgian Institute of Organic Chemistry: a bentonite clay-sulfur composite. The effect of an aqueous suspension of this composite on various vegetable crops and grapevines was evaluated between 2022 and 2025 at the Tsilkani and Jighaura experimental bases of the LEPL, Scientific-Research Center of Agriculture. The experiments were conducted in three replications, using experimental, standard and control variants.

The study demonstrated that the use of a standard sulfur preparation (Sulfolak) reduced the incidence of powdery mildew on pumpkin by an average of 49.5% compared to the control. A similar result was achieved using a 2% suspension of the bentonite clay-sulfur composite, while combining it with a 6% suspension of Makvaneti kaolin increased the efficacy to 57.4% relative to the control. The bentonite clay-sulfur composite suppressed powdery mildew even more effectively on grapevines; disease prevalence on the leaves and berries in the experimental variants did not exceed 5–7%, whereas it reached 75–80% in the untreated control variant.

Additionally, the population of tomato russet mites was reduced by an average of 60% using both the experimental bio-preparation and Sulfolac individually, while 6% kaolin suspension enhanced this reduction to 75%.

Regarding crop yield, the reduction of pests and diseases through the application of the bentonite clay-sulfur suspension led to a 51.2% increase in tomato yield and a 96.9% increase in pumpkin yield compared to the control. Composition of kaolin further improved these yields to 67.6% and 124.7%, respectively.

Key words: Ecology, bentonite, vegetable crops, grapevine, organic production

INTRODUCTION

Organic agriculture is an alternative to today's conventional intensive agriculture and offers ecological and economic and social efficiency. Today, when the world is facing environmental challenges and food security problems, organic production is becoming increasingly relevant. Eco – farming does not use synthetic pesticides and agrochemicals, synthetic growth regulators, synthetic food additives, artificial preservatives, dyes, flavorings, chemical enzymes and additives. The use of genetically modified organisms is also prohibited. Accordingly, organic farming produces organic products and scientific research have shown, have a number of advantages. In particular, it has a high nutritional value. Organic products often contain much more antioxidants, vitamins and minerals than products produced in conventional farming. In addition, since the plant itself has to deal with pests and diseases, it produces more protective substances. It produces phytochemicals, which have a positive effect on human immunity. It is also safe. The consumer is protected from pesticide residues that can cause allergies, hormonal disorders and a number of other diseases. The use of synthetic chemicals in conventional farming changes the taste characteristics of the crop. Natural aromas and flavors can only be preserved in organic farming. Due to the high content of phytochemicals, it has a pronounced, natural aroma and spicy taste. Also, unlike conventional products, organic products contain more dry matter and the taste is more concentrated and intense. In organic farming, healthy soil provides plant roots with minerals that plants fed with artificial fertilizers lack. Fruits rich in minerals create a more complex and diverse taste bouquet. The market for organic products is growing every year. The world is moving towards to the sustainable agriculture. Organic production, both worldwide and in Georgia, is growing every year, and this is natural, since organic production is critically important for a healthy environment and the future. For the development of organic agriculture and the production of organic products, it is very important to expand the range of alternative, environmentally safe means of biopreparations and pesticides, and to select and use them correctly.

The presents research concerns one such environmentally safe means, which was created at the Georgian Institute of Organic Chemistry and is a bentonite clay-sulfur (50% diatomite + 50% sulfur) composite. The study of the effect of the water-suspension of this composite on some vegetable crops and vines was conducted in 2022-2025 at the Tsilkani and Jighaura experimental bases of the Agricultural Scientific Research Center.

MATERIALS AND METHODS

The aim of the research was to develop, test and disseminate new environmentally safe means in organic and conventional agriculture. In the research, we used methods adopted in organic agriculture and plant protection. The experiments were conducted in test, etalon and control variants with equal areas in 3-3 replications [1]. In each replication, 30 plants were recorded.

In the test variants, we used a 2% suspension of bentonite clay-sulfur composite, and in one of the variants, we added a 6% kaolin solution in combination. In the control variant, no treatments were carried out, while the inorganic sulfur fungicide and acaricide Sulfolac (at a dosage of 3 kg/ha) was used as a standard.

For monitoring, visual observation and a hand lens were used. Disease diagnostics was carried out both on the basis of visual observation and in laboratories using the humid chamber method, by inoculating diseased samples into an artificial nutritional area and using microscopic analysis [2, 3]. Disease prevalence was recorded from April to October every 10 – 15 days on a 5-point scale. The percentage of disease prevalence was calculated using the formula: $I = a / N \times 100$, where I is the disease prevalence in %, a is the number of diseased plants, N is the total number of plants being examined [4].

Samples of diseased plants stems, leaves and fruits identified during monitoring were placed in special packages and were taken to the laboratory of Plant Pathology where a detailed analysis was conducted. The study was conducted on selected vegetable crops (tomato variety 'Kharisgula' and pumpkin) and grapevines (varieties 'Khikhvi' and 'Goruli Mtsvane'). Spraying of the product on vegetables was made before flowering, with the subsequent two applications carried out at two-week intervals. For grapevines, spraying was conducted five times on an as-needed basis, with intervals of 7–10 days. Monitoring was conducted on pests and diseases (ash was recorded on pumpkin and grapevine, and mites were recorded on tomatoes), as well as on plant growth and development and harvest volume.

RESULTS AND DISCUSSION

In 2022, no powdery mildew symptoms were observed in any of the experimental treatments due to the hot and dry climatic conditions, which were unfavorable for disease development. Consequently, it was not possible to evaluate the effect of the biopreparation on disease suppression during that growing season.

In contrast, in 2023, frequent rainfall created highly favorable conditions for powdery mildew development. Although the disease developed despite the treatments, its severity was lower in the treated plots than in the untreated control, which was reflected in improved yield performance.

During 2024–2025, climatic conditions were also conducive to powdery mildew development and the disease was observed in all treatments. However, disease severity remained consistently lower in the treated plots compared with the untreated control.

Fig. 1 Use of a bentonite clay biopreparation on pumpkin



Fig 2. Pumpkin variant: combination of bentonite clay with sulfur (2% suspension) + Makvaneti kaolin (6% suspension)



Fig 3. Control variant of Pumpkin



The study found that the use of a sulfur biopreparation (Sulfolak) in the standard variant reduced the percentage of ash development on pumpkin by an average of 49.5% compared to the control. A 2% suspension of bentonite clay-sulfur composite showed the same result, while the combination with a 6% suspension of Makvaneti kaolin increased the difference with the control to 57.4%.

Table 1. The influence of bentonite clay biological preparation on powdery mildew in pumpkins

Tested variant	Powdery mildew prevalence (%)					Intensity of disease development (scale)					Average difference vs. control group (%)
	2022 year	2023 year	2024 year	2025 year	average	2022 year	2023 year	2024 year	2025 year	average	
Bentonite clay with sulfur (2% suspension)	–	34.0	20.0	11.0	21.7	–	2.0	1.0	1.0	1.3	49.5
Bentonite clay with sulfur (2% suspension) + Makvaneti kaolin (6% suspension)	–	28.0	18.0	9.0	18.3	–	2.0	1.0	1.0	1.3	57.4
Control (untreated)	–	67.0	42.0	20.0	43.0	–	4.0	2.0	2.0	2.7	–
Standard (Sulfolac)	–	33.0	20.0	12.0	21.7	–	2.0	1.0	1.0	1.3	49.5

Under the influence of bentonite clay-sulfur, powdery mildew was even more sharply limited on the vine and its distribution on the leaves and grapes of the vine in the experimental variants did not exceed 5-7%, while in the control variant (untreated) this indicator was 75-80%. See Figure N 4, 5.

Fig. 4. Results of the test of bentonite clay-sulfur preparation on grapevine powdery mildew, variety "Goruli Mtsvane": 1 – grapes in the test variant, 2 – grapes in the control variant, 3 – grapes in the standard variant



Fig. 5. Results of the test of bentonite clay-sulfur preparation on grapevine powdery mildew, variety „Khikhvi”: 1 – grapes in the test variant, 2 – grapes in the control variant, 3 – grapes in the standard variant



As for the effect of the new bentonite clay biopreparation on mites, in the tomato trial variants the average number of Spider mites did not exceed 3-4 individuals per leaf. The same indicator was also in the standard, where we sprayed Sulfolac. In the control variant, the number of pests was almost doubled (Table 2).

Table 2. The influence of bentonite clay biological preparation on Tomato Spider mites – *Tetranychus urticae* Koch.

Treatment variant	Mean max. spider mite population per leaf (individuals)			Difference from control (individuals)	Difference from control (%)
	2022 year	2022-2025 years	average		
Bentonite clay with sulfur (2% suspension)	5	3	4.0	6.0	60.0
Bentonite clay with sulfur (2% suspension) + Makvaneti kaolin (6% suspension)	3	2	2.5	7.5	75.0
Control (untreated)	13	7	10.0	-	—
Standard (Sulfolac)	5	3	4.0	6.0	60.0

Thus, the study biopreparation, as well as Sulfolac taken alone, reduced the number of tomato spider mites on tomatoes by an average of 60%, while the addition of a 6% kaolin suspension increased the difference to 75%.

Fig 6. Tomato treatment variant: combination of bentonite clay with sulfur (2% suspension) + Makvaneti kaolin (6% suspension)

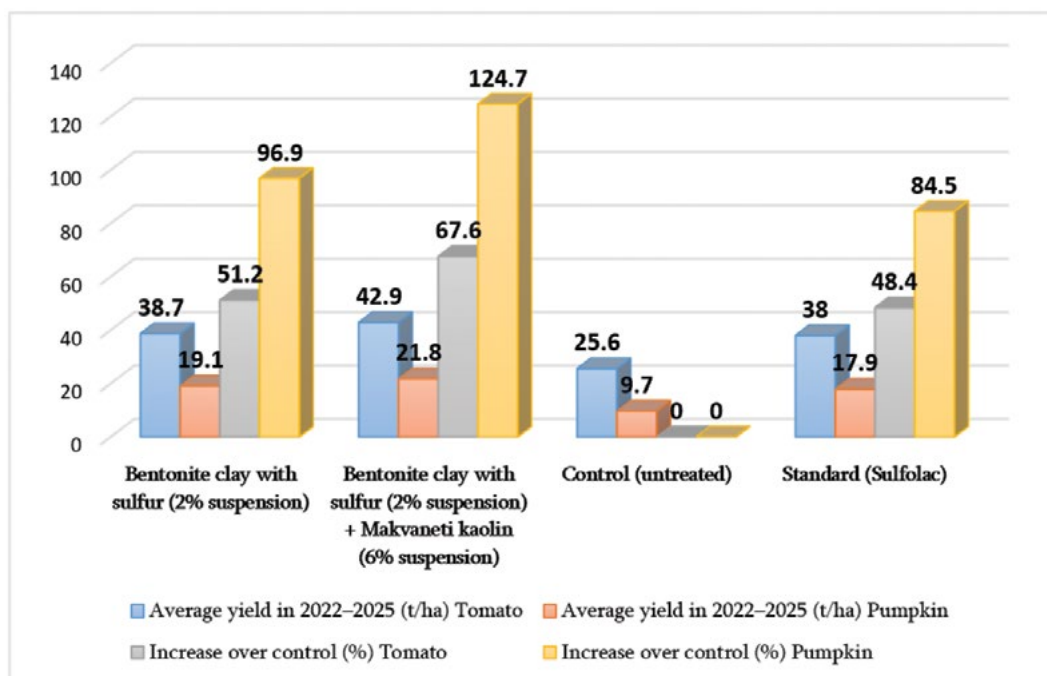


During the experiments conducted on tomatoes and pumpkins with the specified preparation between 2022 and 2025, no phytotoxicity was observed and no negative changes in plant growth and development were detected.

Regarding to the effect of this drug on the crop, the results are presented in Diagram 1.

Diagram 1

The effect of sulfur-bentonite clay bio-preparation on tomato and pumpkin yields



The study showed that spraying bentonite clay-sulfur suspension to reduce pests resulted in a 51.2% increase in tomato yield and a 96.9% increase in pumpkin yield compared to the control. The combination with kaolin improved these figures to 67.6% and 124.7%, respectively.

CONCLUSION

Thus, the conducted experiments show that the bentonite clay-sulfur composite—in which the amount of sulfur is reduced by 50% compared to other conventional sulfur preparations—not only maintains but even increases the effectiveness of the active substance despite the halved concentration; this is highly significant for organic agriculture, where the use of sulfur is subject to certain limit norms.

REFERENCES

1. Chanishvili, Sh., Tkebuchava, Z., & Butskhrikidze, G. (2017). *Methodology of the trial case in plant breeding* (170 p.).
2. Agrios, G. (2005). *Plant pathology*. 5th Edition. Academic Press, pp. 386–401
3. Oliver R. (2024). *Agrios' Plant pathology*. 6th Edition. Academic Press, pp. 545-598
4. Shamrai, S. N., Glushchenko, V. I. (2006) *Basics of field studies in phytopathology and phyto-immunology*. Kharkiv. 64 p. (in Russian).

ა(ა)იპ ოხგანზაცია
„ქიმია და ადამიანის ჯანმრთელობა“
chem.hum.health@gmail.com



Comparative Characterization of the Quality Indicators of Selected Spring Waters in Mountainous Adjara

NINO KIKNADZE

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Agricultural Sciences,
Chief Research Scientist, Associate Professor*

NANI GVARISHVILI

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor*

ANA KHAKHUTAISHVILI

*PhD Candidate in Chemistry, Georgian Technical University; Head/Quality Manager
of the Testing Laboratory, LLC "Legi"*

TAMTA SHAVADZE

*Second-Year Student of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University*

MARIAM IREMADZE

*Second-Year Student of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University*

MARIAM GOGITIDZE

*Specialist at the Institute of Agrarian and Membrane Technologies, BSU;
Bachelor of Ecology*

GELODI SURMANIDZE

*Master's Student in Ecology, Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University*

ABSTRACT

The aim of the study was to assess the organoleptic, physicochemical, and sanitary-hygienic characteristics of spring waters from three locations in mountainous Adjara (Gulebi, Buturauli, and Kvemo Vashlovani villages). The study included the determination of key field parameters, ionic and elemental composition, nutrient concentrations, and bacteriological indicators.

The results revealed significant differences in water quality characteristics among the studied sites. The spring water from Gulebi village is characterized by moderate mineralization, slightly acidic reaction, and elevated iron content; its hydrochemical type is Ca-Mg-SO_4 . The water from Buturauli village has low mineralization; however, increased nitrite concentrations and the presence of *Escherichia coli* were detected, indicating fecal contamination. Its hydrochemical type is $\text{HCO}_3\text{-Ca}$. The spring water from Kvemo Vashlovani village is distinguished by low mineralization, stable physicochemical parameters, and bacteriological purity; its hydrochemical type is also $\text{HCO}_3\text{-Ca}$.

The findings indicate that water quality is strongly influenced by both geological conditions and anthropogenic factors. Among the investigated springs, the water from Kvemo Vashlovani exhibited the highest quality and fully met drinking water standards. The water from Buturauli was found to be microbiologically contaminated and requires appropriate treatment and disinfection, whereas the water from Gulebi is suitable for drinking only after preliminary treatment.

Keywords: spring water, water quality, physicochemical parameters, bacteriological analysis, mountainous Adjara.

Relevance of the Research

Spring waters of mountainous regions represent an important natural resource for providing the population with drinking water. Water quality determines both its suitability for drinking and the potential risks associated with its use. Therefore, a comprehensive assessment of spring water is essential for environmental monitoring and the sustainable management of safe drinking water resources. The present study is relevant because it provides a basis for evaluating the quality of spring waters in the highland areas of Adjara and supports their sustainable and purposeful use.

Research Objective

The objective of this study was to conduct a comprehensive assessment and comparative analysis of the organoleptic, physicochemical, and sanitary-hygienic characteristics of water from three springs located in the highland region of Adjara. The objects of the study were spring waters from the villages of **Gulebi** (Keda Municipality), **Buturauli** (Shuakhevi Municipality), and **Kvemo Vashlovani** (Khulo Municipality), located in the highland region of Adjara, Georgia.

Methods Used in the Study. The following methods were employed in the research: field measurements [7], titrimetric analysis, photometric analysis [4, 5], and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) [6].

Material and Technical Base. The research was conducted using the facilities and laboratory infrastructure of the **Institute of Agri and Membrane Technologies of Batumi Shota Rustaveli State University (BSU)**.

I. PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL CHARACTERISTICS OF THE STUDY WATER SOURCE LOCATIONS

Gulebi Village is located in the mountainous section of the Acharistsqali River Valley, on the southern slope of the Meskheti Range, at an elevation of approximately 200 m above sea level.

The area is characterized by narrow valleys, steep slopes, and climatic conditions that promote the formation of permanent springs and the accumulation of moisture in the soil. Slope erosion and localized landslide processes are observed within the territory [1].

Butaurauli Village is situated on the left bank of the Acharistsqali River at an elevation of 650–800 m above sea level. The relief is characterized by a highly dissected mountainous landscape, steep slopes, and deep erosional ravines. Springs in Butaurauli are associated with fractured rock formations, groundwater discharge zones, and seepage waters emerging along slopes. The area is affected by landslides, soil erosion, and water contamination caused by surface runoff.

Kvemo Vashlovani Village is located at an elevation of 700–900 m above sea level. The relief is characterized by high mountains, broad slopes, and river valleys. The area is rich in mountain springs, small rivers, and underground water flows. Although slope erosion is a relevant issue in Vashlovani, anthropogenic pressure is relatively lower than in the lower-altitude zones [2, 3].

II. COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SPRING WATERS
II.1. Organoleptic Characteristics of the Waters

The spring water from **Gulebi Village** is characterized by a yellowish coloration and a distinct odor. Its metallic taste and the formation of a rust-colored precipitate after standing indicate an elevated concentration of iron compounds (Table 1). This is also reflected in its reduced transparency, which is affected by the presence of suspended particles. The spring water from **Butaurauli Village** exhibits a slight yellowish coloration and mild turbidity, while no noticeable odor was detected. Among the studied samples, the spring water from **Kvemo Vashlovani Village** demonstrated the most favorable organoleptic characteristics. It is colorless, odorless, and transparent, with no visible foreign impurities.

Table 1. Organoleptic Characteristics of Spring Waters

Parameter	Location	Characteristic
Color	Gulebi Village	Yellowish
	Butaurauli Village	Yellowish
	Kvemo Vashlovani Village	Colorless
Odor	Gulebi Village	Distinctive odor
	Butaurauli Village	Odorless
	Kvemo Vashlovani Village	Odorless
Taste	Gulebi Village	Metallic taste, characteristic of iron
	Butaurauli Village	Not detected
	Kvemo Vashlovani Village	Not detected
Appearance	Gulebi Village	Formation of a rust-colored precipitate after standing
	Butaurauli Village	Slightly turbid
	Kvemo Vashlovani Village	Clear, free from visible impurities
Transparency	Gulebi Village	Partially opaque
	Butaurauli Village	Partially opaque
	Kvemo Vashlovani Village	Transparent

II.2. Results of Field Measurements

The spring water from **Gulebi Village** exhibited a temperature ranging from 11.68 to 12.2°C, indicating a relatively warm spring (Table 2). The pH value ranged from 5.8 to 6.0, reflecting slightly acidic conditions. Electrical conductivity was the highest among the studied springs (415 $\mu\text{S}/\text{cm}$), suggesting a greater concentration of dissolved ions. Accordingly, the total dissolved solids (TDS) content was 210 mg/L.

The spring water from **Buturauli Village** had a temperature of 4.51°C, characteristic of a cold, high-altitude spring. The pH ranged from 7.8 to 8.0, indicating slightly alkaline conditions. Electrical conductivity was relatively low (95 $\mu\text{S}/\text{cm}$), and the TDS value was 57 mg/L.

The spring water from **Kvemo Vashlovani Village** showed a temperature of 9.07°C. The pH ranged from 7.9 to 8.1, also indicating slightly alkaline conditions. Electrical conductivity was relatively low (92 $\mu\text{S}/\text{cm}$), while the TDS concentration was 75 mg/L.

Table 2. Physicochemical Parameters of Spring Waters (Field Measurements)

Location	Physical and Chemical Parameters			
	Temperature, °C	pH	Electrical Conductivity $\mu\text{S}/\text{Sm}$	TDS, mg/L
Gulebi	11.68-12.2	5.8-6.0	415	210
Buturauli	4,51	7,8-8	95	57
Kvemo Vashlovani	9,07	7,9-8,1	92	75

II.3. Physicochemical Characteristics of the Spring Waters

The spring water from **Gulebi Village** is slightly acidic, with a total hardness of 6.4 meq/L. The concentrations of calcium and magnesium indicate moderate mineralization (Table 3). The bicarbonate content is low, while the chloride concentration is very low. The oxidizability value of 1.36 mg O_2/L indicates that the water is relatively free of oxidizable organic compounds. The spring water from **Buturauli Village** is slightly alkaline, with a hardness of 1.4 meq/L. Based on the concentrations of calcium and magnesium, it can be classified as a low-mineralized water. The bicarbonate concentration is approximately 2.5 times higher than that of the Gulebi spring water. The chloride content is very low. The oxidizability value of 8.72 mg O_2/L suggests contamination by oxidizable organic substances. The spring water from **Kvemo Vashlovani Village** exhibits a slightly alkaline reaction, with a hardness of 2.2 meq/L. Based on its calcium and magnesium concentrations, it is also classified as a low-mineralized water source. Its bicarbonate content provides a good buffering capacity against changes in pH and environmental impacts. The chloride concentration is low. The oxidizability value is 1.36 mg O_2/L , indicating good water quality with respect to oxidizable organic matter.

Table 3. Physicochemical Parameters of Spring Waters (Laboratory Determinations)

Location	pH	Total Hardness meq/L	Ca mg/L	Mg mg/L	HCO_3^- mg/L	Cl- mg/L	Oxidizability mg O_2/L
Gulebi	6,4	6,4	72,144	34,05	30,5	4,95	1,36
Buturauli	7,85	1,4	20,04	4,864	85,4	7,9208	8,72

Kvemo Vashlovani	8,15	2,2	32,064	7,296	103,7	5,9406	1,36
Standard Limits	6.5-8.5	7-10	140	85	250-400	250	<5

II.4. SANITARY AND HYGIENIC STATUS OF THE SPRING WATERS

In the spring water from **Gulebi Village**, ammonium (NH_4^+) and nitrite (NO_2^-) were not detected (Table 4). The **phosphate concentration** was very low (**0.015 mg/L**), indicating a low nutrient load in the water. The **sulfate concentration** was within the permissible range, although its relatively higher value may be associated with the natural mineralization of the water. In the spring water from **Buturauli Village**, the **ammonium concentration** (**0.156 mg/L**) was elevated compared to the other studied springs. The **nitrite concentration** (**0.59 mg/L**) exceeded the permissible limit (**0.2 mg/L**), indicating recent organic contamination or an incomplete nitrification process. The **phosphate concentration** remained within the acceptable range, while **sulfates were not detected**. In the spring water from **Kvemo Vashlovani Village**, the concentrations of **ammonium** (**0.008 mg/L**) and **phosphates** (**0.0103 mg/L**) were very low, indicating a low nutrient load. **Nitrites and sulfates were not detected**, reflecting favorable sanitary and hygienic water quality.

Table 4. Concentrations of Chemical and Nutrient Pollutants (mg/L)

Location	NH_4^+	NO_2^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}
Gulebi	-	-	0,015	195,13
Buturauli	0,156	0.59	0,080	-
Kvemo Vashlovani	0,008	-	0,0103	-
Standard Limits, mg/L	0.5	0.2	3.5	250

In the spring waters from **Gulebi** and **Kvemo Vashlovani**, neither **total coliform bacteria** nor **Escherichia coli** were detected in **300 mL** water samples (Table 5). This indicates the absence of fecal contamination and confirms the satisfactory sanitary-hygienic quality of these water sources. In contrast, both **total coliform bacteria** and **Escherichia coli** were detected in **300 mL** of water from the **Buturauli** spring. This finding indicates **fecal contamination** of the water and reflects a deterioration in its sanitary-hygienic condition, suggesting potential risks to human health if the water is consumed without appropriate treatment.

Table 5. Sanitary-Bacteriological Indicators of Spring Waters

Location	Total Coliform Bacteria	Escherichia coli (E. coli)
Gulebi	Not detected in 300 mL	Not detected in 300 mL
Buturauli	Detected in 300 mL	Detected in 300 mL
Kvemo Vashlovani	Not detected in 300 mL	Not detected in 300 mL
Standard Limits	Not permitted in 300 mL	Not permitted in 300 mL

III. MULTI-ELEMENT ANALYSIS OF THE SPRING WATERS

The spring water from **Gulebi Village** is characterized by moderate mineralization, based on its calcium and magnesium content. The concentrations of potassium and sodium are low (Table

6). Overall, this water can be classified as a moderately mineralized calcium–magnesium type spring water.

The spring water from **Buturauli Village** contains relatively lower concentrations of calcium and magnesium, indicating a lower degree of mineralization. The levels of potassium and sodium remain within acceptable limits. The phosphorus concentration (0.026 mg/L) is higher than in the other studied springs, although it still remains within permissible limits.

The spring water from **Kvemo Vashlovani Village** is characterized by the lowest concentrations of macroelements among the analyzed samples, indicating weak mineralization. The phosphorus concentration is negligible, confirming the low nutrient load of the water.

Table 6. Macroelement Concentrations (mg/L)

Location	K	Ca	Mg	Na	P
Gulebi	0.82	72.14	34.05	3.69	0.005
Buturauli	0.985	20.04	4.86	3.14	0.026
Kvemo Vashlovani	0.527	32.06	7.30	1.04	0.0034
MPC, (mg/L)	20	140	40–50	200	0.01–0.05

Iron showed its highest concentration in **Gulebi Village (0.983 mg/L)**. An above-norm concentration of **silicon** was detected in **Buturauli (15.6 mg/L)**. The **aluminum concentration in Gulebi (13.5 mg/L)** exceeds the permissible limit (Table 7). The concentration of **boron** was very low in all samples. Elevated levels of **cobalt and copper** were observed in the Buturauli spring water compared to the other sites. A relatively high value of **manganese** was also recorded in Gulebi. The concentrations of **nickel and zinc** did not exceed the permissible limits in any of the studied samples.

Table 7. Microelement Concentrations (mg/L)

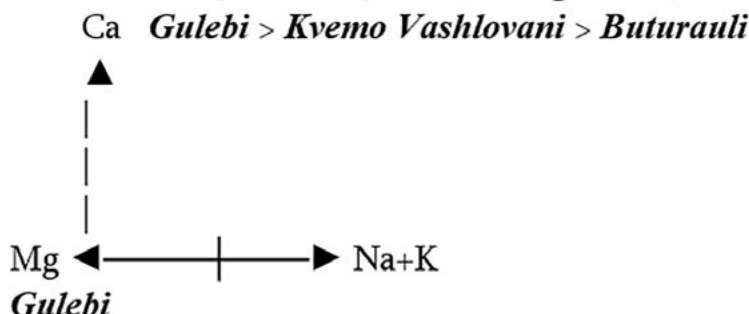
Location	Fe	Si	B	Al	Co	Cu	Mn	Ni	Zn
Gulebi	0.983	8.05	0.0018	13.5	0.0161	0.0692	0.177	0.0018	1.08
Buturauli	0.92	15.6	0.0014	3.25	0.0630	0.934	0.0274	0.0160	-
Kvemo Vashlovani	0.0325	4.16	0.0009	0.0326	-	-	-	-	-
MPC, (mg/L)	0.3	10	0.5-1.0	0.5	0.1	1.0-2.0	0.05-0.1	0.02-0.1	3.0-5.0

IV. HYDROCHEMICAL TYPE AND SANITARY-HYGIENIC STATUS OF SPRING WATERS

The spring water from **Gulebi Village** is classified as Ca–Mg–SO₄ hydrochemical type. Its status is considered conditionally unsatisfactory for drinking purposes due to elevated iron and sulfate concentrations, pH of 6.4, high hardness, and a metallic taste. The water may be used for drinking purposes only after appropriate pre-treatment. The spring water from **Buturauli Village** belongs to the HCO₃–Ca hydrochemical type. It is characterized as sanitarily contaminated, as both *E. coli* and total coliform bacteria were detected. In addition, the concentration of NO₂⁻ exceeds the permissible limit, and the oxidizability value is high. Therefore, the water is unsuitable for drinking without disinfection. The spring water from **Kvemo Vashlovani Village** is also classi-

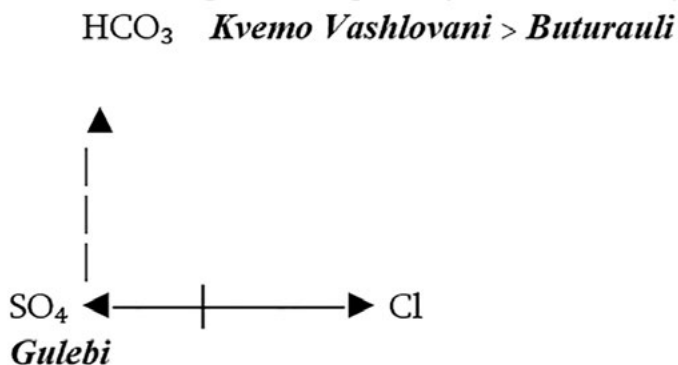
fied as $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ hydrochemical type. It is characterized as clean and suitable for drinking, with low mineralization, moderate hardness, pH within acceptable limits, low concentrations of heavy metals, and no detected bacteriological contamination. Overall, this water demonstrates good sanitary-hygienic and hydrochemical quality.

Cation Triangular Diagram (Ca–Mg–Na+K)



Interpretation: Gulebi, Kvemo Vashlovani, and Buturauli → Ca-dominant.
Gulebi → Mg-dominant.

Anion Triangular Diagram ($\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Cl}$)



Interpretation: Kvemo Vashlovani and Buturauli → HCO_3^- -dominant.
Gulebi → SO_4^{2-} -dominant.

CONCLUSION

The organoleptic quality of spring waters in highland Adjara shows significant variation, with the best quality observed in the less anthropogenically impacted area of **Kvemo Vashlovani Village**. The spring water from **Gulebi Village** is classified as Ca–Mg– SO_4 type. It is characterized by strong sulfate mineralization and high hardness. Its use for drinking is recommended only after appropriate treatment. The spring water from **Buturauli Village** is of $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ type and has low mineralization and hardness; however, the presence of bacteriological contamination and high oxidizability indicates organic pollution. Therefore, it is unsuitable for drinking without disinfection. The spring water from **Kvemo Vashlovani Village** is also of $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ type. It is a clean water source with low mineralization and good sanitary-chemical quality, making it suitable for drinking.

REFERENCES

1. Autonomous Republic of Adjara (2016). Strategic Development Plan for 2016–2021. Batumi. <https://api.ajara.gov.ge/storage/files/doc/acdb5711834a4d0e86f1f4f04e46.pdf>
2. Mikava, T. (2023). Study of the chemical composition of groundwater in Western Georgia for microcomponent determination. Proceedings of GTU, No. 1(527), 64–74. [https://shromebi.gtu.ge/admin/uploads/shroma%20N1\(527\)/07-miqava-dasavleti.pdf](https://shromebi.gtu.ge/admin/uploads/shroma%20N1(527)/07-miqava-dasavleti.pdf)
3. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Georgia (2017). Order No. 42 – Methodological guidelines for classification of groundwater reserves and prognostic resources. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/geo174852.pdf>
4. International Organization for Standardization (ISO) (2014–2023). ISO 5667-1: Water quality – Sampling – Part 1. <https://www.iso.org/standard/84099.html>
5. ISO 9308-1 (2014). Water quality – Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria. <https://short-link.me/17j9T>
6. Shimadzu Corporation (n.d.). ICP Atomic Emission Spectrometer Application Note ICPETM-9820. https://www.shimadzu.com/an/sites/shimadzu.com.an/files/pim/pim_document_file/applications/application_note/14064/an_04-ad-0238-en.pdf
7. World Health Organization (WHO) (2022). Guidelines for Drinking-water Quality. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

Spatial and Temporal Assessment of Physicochemical Water Quality Parameters in Selected Rivers of Georgia

NINO KIKNADZE

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Agricultural Sciences,
Chief Research Scientist, Associate Professor*

NANI GVARISHVILI

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor*

GELODI SURMANIDZE

*Master's Student in Ecology, Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University*

ABSTRACT

This study presents a comprehensive assessment of the water quality of several rivers in Western Georgia, namely the Pichori, Enguri, Mtkvari, and Tskhenistskali Rivers, based on organoleptic, physicochemical, elemental, biogenic, and sanitary-bacteriological parameters. The results revealed significant differences among the studied rivers in terms of mineralization, oxidizability, elemental composition, and microbiological status. The Enguri River exhibited relatively high concentrations of organic matter and biogenic nutrients, as well as the presence of total coliform bacteria and *Escherichia coli*. The Pichori River was characterized by elevated aluminum concentrations and microbiological contamination. In contrast, the Mtkvari and Tskhenistskali Rivers demonstrated comparatively favorable ecological conditions, reflected by lower pollution levels and bacteriological safety. Most heavy metals were either not detected in the analyzed samples or were present within environmentally acceptable limits. The obtained results indicate distinct spatial variations in river water quality across Western Georgia and emphasize the importance of regular monitoring for sustainable water resource management and ecosystem protection.

KEYWORDS: River water, water quality, sanitary-bacteriological analysis, Western Georgia

Relevance of the Study. Rivers represent one of the most important freshwater resources and are widely used for drinking water supply, agriculture, energy production, recreation, and the maintenance of ecological balance. Under current conditions, climate change, urbanization, industrial activities, and agricultural practices exert significant pressure on the quality of surface waters [1]. The rivers of Western Georgia are characterized by high hydrological and ecological significance; however, available information on their water quality is often fragmented and insufficient. Therefore, a comprehensive assessment of organoleptic, physicochemical, microelement, biogenic, and microbiological parameters of river water is of considerable scientific and practical importance. The obtained results are essential for water resource monitoring, environmental status assessment, and the development of effective environmental protection measures [2, 8].

Aim of the Study. The aim of the study was to assess the water quality of selected rivers in Western Georgia through a comprehensive investigation, compare the obtained results with environmental standards, and determine the ecological status of the studied water bodies.

Study Area and Research Objects. The study was conducted on water samples collected from four rivers in Western Georgia: the Pichori River (near Poti), the Enguri River (near the Enguri Hydropower Plant), the Mtkvari River (Tashiskari section), and the Tskhenistskali River (near the Vartsikhe Hydropower Plant, Baghdati Municipality). The collected samples were analyzed to determine their qualitative characteristics and ecological condition.

Research Methods. The following analytical methods were employed in the study: titrimetric methods [3, 4, 6], photometric methods [5], and inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) [7]. These methods enabled the determination of key physicochemical parameters, biogenic compounds, and elemental composition of the water samples.

Material and Technical Base. The research was carried out at the Institute of Agrarian and Membrane Technologies of Batumi Shota Rustaveli State University (BSU), utilizing its laboratory facilities and analytical equipment.

I. ORGANOLEPTIC AND SELECTED PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF RIVER WATERS (FIELD MEASUREMENTS)

According to the organoleptic assessment, the highest visual water quality was observed in the Enguri River, whose water was colorless, whereas the waters of the Pichori, Mtkvari, and Tskhenistskali Rivers exhibited a slightly yellowish or yellowish-green coloration (Table 1). No suspended particles were observed in the Pichori and Tskhenistskali Rivers, while their presence was detected in the Enguri and Mtkvari Rivers. In addition, the waters of the Enguri, Mtkvari, and Tskhenistskali Rivers were slightly turbid, which may be associated with the presence of suspended particulate matter.

Table 1. Organoleptic Characteristics of River Water Samples

Parameter	Location	Description	Standard
Color	Pichori	Yellowish-green	Water should be visually clear and colorless, or exhibit only a very slight yellowish tint.
	Enguri	Colorless	
	Mtkvari	Slightly yellowish	
	Tskhenistskali	Slightly yellowish	
Odor	Pichori	1	0–2 points
	Enguri	0	
	Mtkvari	1	
	Tskhenistskali	0	
Appearance	Pichori	No suspended particles observed	Free from suspended particles, sediment, oily films, foam, and foreign impurities
	Enguri	Suspended particles observed	
	Mtkvari	Suspended particles observed	
	Tskhenistskali	No suspended particles observed	
Transparency	Pichori	Clear	Water should remain transparent to a depth of 0–20 cm from the surface
	Enguri	Slightly turbid	
	Mtkvari	Slightly turbid	
	Tskhenistskali	Slightly turbid	

The pH values ranged from 6.0 to 8.3, which, in most cases, fall within the range typical of natural waters in Georgia (Table 2). The Enguri River was distinguished by the highest electrical conductivity and total dissolved solids (TDS) values (975 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 350 mg/L , respectively), indicating a relatively higher degree of mineralization. The lowest concentration of dissolved oxygen was recorded in the Enguri River (3.12 mg/L), whereas the highest concentration was observed in the Tskhenistskali River (5.7 mg/L), suggesting a more favorable ecological condition of the latter.

Table 2. Physicochemical Characteristics of River Water Samples Determined under Field Conditions

Location	pH	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Air Pressure (mbar)	Electrical Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Total Dissolved Solids (TDS, mg/L)	Dissolved Oxygen (mg/L)
Pichori	6.9	18.5	1015	263	140	4.74
Enguri	6.0	25.4	995	975	350	3.12
Mtkvari	8.3	21.4	942	282	150	4.56
Tskhenistskali	7.45	16.5	994.3*	245	130	5.70
Background Ecological Ranges	6.5–8.5	—	—	—	$\leq 1 \text{ g}/\text{L}$	$\geq 4 \text{ mg}/\text{L}$

II. PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS OF RIVER WATERS (LABORATORY STUDIES)

Laboratory analyses showed that chloride content in all samples is significantly below the permissible limits, indicating the absence of anthropogenic saline pollution (Table 3). Water hardness was highest in the Tskhenistskali River (2.3 mg-eq/L) and the Mtkvari River (1.9 mg-eq/L). Notably, the oxidation index reached 10.4 mg O₂/L in the Enguri River, substantially exceeding the background ecological value. This result indicates a certain level of organic pollution in the water. In contrast, oxidation values in the Pichori, Mtkvari, and Tskhenistskali rivers are considerably lower, reflecting a better ecological condition.

Table 3. Physico-Chemical Parameters of River Waters

Location	pH	Cl ⁻ (mg/L)	Hardness (mg-eq/L)	Oxidation (mg O ₂ /L)	F ⁻ (mg/L)
Pichori	7.05	19.4	0.6	3.0	0.12
Enguri	6.0	5.35	0.63	10.4	0.25
Mtkvari	8.3	3.85	1.9	3.36	0.10
Tskhenistskali	7.5	1.90	2.3	2.4	0.06
Background ecological ranges	6.5–8.5	250	7–10 mg-eq/L	≤ 3.0 mg O ₂ /L	0.7

III. MULTI-ELEMENT ANALYSIS OF WATERS

The highest concentrations of calcium and magnesium were recorded in the Tskhenistskali River, which can be explained by the influence of carbonate rocks within the river's drainage basin (Table 4). The Mtkvari River was characterized by the highest sodium concentration (49.6 mg/L), while in the Enguri River, phosphorus levels exceeded the background ecological range, which may indicate increased nutrient loading and a potential risk of eutrophication.

Table 4. Macroelements (mg/L)

Location	Ca	Mg	Na	K	P
Pichori	6.0	3.6	9.05	2.13	0.0812
Enguri	7.35	3.12	0.0876	1,76	3.682
Mtkvari	9.28	2.75	49.6	1.63	0.259
Tskhenistskali	26.7	6.58	1.3	0.0689	0,056
Background ecological ranges	140	85	200	20	3.5

In the assessment of microelements, particular attention is drawn to the elevated aluminum concentration in all samples, especially in the Pichori River (13.7 mg/L), which significantly exceeds background values (Table 5). The Enguri River showed increased levels of iron (2.78 mg/L) and manganese (0.0638 mg/L). These data may be associated with both geological factors and anthropogenic impacts within the catchment area.

Table 5. Microelements (mg/L)

Location	Al	B	Fe	Mn	Mo	Si	Co
Pichori	13.7	0.005	0.0321	0.0009	-	4.62	-
Enguri	4.47	0.0112	2.78	0.0638 L	0.0039	14.1	0.0008
Mtkvari	2.259	0.0002 L	-	-	0.0061 L	0.0637	-
Tskhenistskali	8.56	0.0094	-	-	-	2.25	-
Background ecological ranges	0.5	0.5-1.0	0.3	0.05	0.07	10.0	0.1

The analysis of toxic elements showed that the concentrations of As, Ba, Li, and V in most cases do not exceed the background ecological ranges (Table 6). No Cd, Hg, Sb, Se, Be, Ni, Cu, or Zn were detected in the samples, indicating a low risk of heavy metal contamination.

Table 6. Toxic Elements (mg/L)

Location	As	Ba	Li	V	Ti
Pichori	-	0.268	0.0353	0.0073 L	-
Enguri	0.0083 L	0.268	0.0353	0.00112	0.205
Mtkvari	-	0.286 L	0.037.0	-	-
Tskhenistskali	0.0026 L	-	0.241	0.0027 L	-
Background ecological ranges	0.01	0.7 – 1.0	0.001 – 0.01	0.001	No regulatory limit has been established.

IV. BIOGENIC NUTRIENTS AND SANITARY-BACTERIOLOGICAL PARAMETERS

In the Pichori and Enguri rivers, the concentrations of ammonium and phosphates exceed background values. Notably, nitrite levels are particularly high in the Enguri River (0.60 mg/L), which may indicate contamination of domestic or agricultural origin (Table 7). Sulfate concentrations in all samples are significantly below the permissible limit values.

Table 7. Concentrations of Biogenic Nutrients (mg/L)

Location	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}
Pichori	0.30	0.09	0.05	60.12	0.30
Enguri	0.29	0.60	4.15	35.45	0.341
Mtkvari	0.049	0.28	1.15	8.33	0.15
Tskhenistskali	0.038	0.18	-	28.0	0.03
Background ecological ranges	0.05 – 0.2	0.2	45-50	250	0.1

Total coliform bacteria and *Escherichia coli* were detected in the Pichori and Enguri river waters, whereas these microorganisms were not found in the Mtkvari and Tskhenistskali samples (Table 8). Since current regulatory standards prohibit their presence in 300 mL of water, these results indicate microbiological contamination of the Pichori and Enguri rivers and highlight the need for additional monitoring and preventive measures.

Table 8. Selected Sanitary-Bacteriological Parameters of River Waters

Location	Total coliform bacteria	Escherichia coli
Pichori	Detected in 300 mL	Detected in 300 mL
Enguri	Detected in 300 mL	Detected in 300 mL
Mtkvari	Not detected in 300 mL	Not detected in 300 mL
Tskhenistskali	Not detected in 300 mL	Not detected in 300 mL
Standards	Not permitted in 300 mL	Not permitted in 300 mL

CONCLUSION

The conducted study demonstrated that the water quality of rivers in western Georgia is characterized by pronounced spatial variability, reflected in organoleptic, physico-chemical, multi-element, biogenic, and microbiological parameters. The Tskhenistskali and Mtkvari rivers show comparatively better ecological conditions, whereas signs of organic pollution, elevated biogenic nutrient levels, and microbiological contamination were detected in the Pichori River and especially in the Enguri River. These differences confirm the importance of spatial assessment of water quality for determining the ecological status of rivers. The obtained data also provide a basis for temporal evaluation of river water parameters, as water quality significantly changes over time under the influence of seasonal, climatic, and hydrological factors. Accordingly, for sustainable water resource management and timely identification of ecological risks, it is essential to implement multi-seasonal and multi-year monitoring, which would enable a comprehensive assessment of the spatial-temporal dynamics of water quality and the identification of long-term trends in its variation.

REFERENCES

1. Ministry of Environmental Protection and Agriculture of Georgia. (2020). Report on the Monitoring of Surface Water Quality in Georgia. Tbilisi.
2. Law of Georgia. (2023). On Water (Consolidated Version). Tbilisi: Legislative Herald of Georgia. <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/33448?publication=27>
3. ISO 5667-6:2014. (2014). Water Quality – Sampling – Part 6: Guidance on Sampling of Rivers and Streams. Geneva: International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/55451.html>
4. ISO 5814:2012. (2012). Water Quality – Determination of Dissolved Oxygen – Electrochemical Probe Method. Geneva: International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/45346.html>
5. Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2018). Principles of Instrumental Analysis (7th ed.). Boston, MA: Cengage Learning. <https://www.cengage.uk/c/principles-of-instrumental-analysis-7e-skoog-holler-crouch/9781305577213/?searchIsbn=9781305577213>
6. ISO 9308-1 (2014). Water quality – Enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria. <https://short-link.me/17j9T>
7. ISO 11885:2007. (2007). Water Quality – Determination of Selected Elements by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). Geneva: International Organization for Standardization <https://www.iso.org/standard/36250.html>
8. World Health Organization (WHO) (2022). Guidelines for Drinking-water Quality. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

ა(ა)იპ ოჩგანზაცია
„ქიმია და ადამიანის ჯანმრთელობა“
chem.hum.health@gmail.com



Comparative Assessment of the Physicochemical Parameters of White Tea Leaves Collected in Khelvachauri Municipality (Makho Village) under Different Processing Conditions

NINO KIKNADZE

Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Research Scientist, Associate Professor

NINO SEIDISHVILI

Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Scientist

SALOME MAKHARADZE

Second-Year Student of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Health Care, Batumi Shota Rustaveli State University

ABSTRACT

This study presents an assessment of the quality and physicochemical characteristics of white tea (*Camellia sinensis*) leaves collected in Makho village, Khelvachauri Municipality, under different processing conditions: thermal drying at 50°C for 2 hours, and freezing at -5°C for 24 hours followed by thermal drying at 70°C.

The experimental results demonstrated that the white tea sample processed at 50°C retained superior organoleptic properties, significantly higher contents of catechins, tannins, and vitamin C, as well as a higher pH value. In contrast, the combined processing regime involving freezing and subsequent thermal drying at 70°C resulted in partial oxidation of polyphenols, a reduction in catechin and tannin contents, and an increase in extract acidity. However, this treatment enhanced the extraction of certain mineral elements, including potassium (K), iron (Fe), and nickel (Ni).

The study established that mild thermal drying (50°C) is more effective for preserving the bioactive compounds of white tea, whereas the combined processing technology (-5°C for 24 h followed by thermal drying at 70°C) promotes the release of the mineral fraction to a greater extent.

KEYWORDS: white tea; processing method; organoleptic properties; physicochemical parameters; quality

Relevance of the Research. White tea is a minimally processed type of tea whose quality and functional value are highly dependent on the technological conditions used during raw material processing. Studying the effects of different processing regimes on the quality characteristics of tea is particularly important, as modern food science increasingly focuses on the preservation of bioactive compounds and the development of functional foods. Evaluating white tea processed by different methods makes it possible to determine the optimal conditions for obtaining high-quality products characterized by strong antioxidant activity, as well as significant functional and pharmacological value.

Aim of the Study. The aim of the study was to investigate the quality characteristics of white tea leaves collected in Makho village, Khelvachauri Municipality, under different processing conditions: thermal drying at **50°C for 2 hours**, and freezing at **-5°C for 24 hours** followed by drying at **70°C for 4 hours**.

Research Object. The research object consisted of white tea (*Camellia sinensis*) leaves collected from a household plot in Makho village, Khelvachauri Municipality, Georgia.

Methods Used in the Study. The following analytical methods were employed: Gravimetric method [8]; Titrimetric method [9, 12]; Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) [15]; Comparative assessment method.

Material and Technical Base. The experimental work was carried out at the Institute of Agrarian and Membrane Technologies, Batumi Shota Rustaveli State University (BSU).

I. HISTORY OF WHITE TEA AND REGIONAL CHARACTERISTICS

White tea is a minimally processed type of tea derived from the plant *Camellia sinensis*. Its unique chemical composition is largely determined by the low degree of oxidation during processing, which contributes to the preservation of high concentrations of polyphenolic compounds. White tea is characterized by minimal processing of leaves and buds, as particularly gentle methods are employed during raw material preparation, resulting in the omission of certain technological processing stages [1, 3]. The province of Fujian in China is considered the birthplace of white tea; however, today it is also produced in Yunnan Province, India, Laos, and Sri Lanka. The name “white tea” is associated not only with the appearance of the leaves but also with a long-standing tradition, as the raw material consists of young leaves from the upper branches of the tea plant and tender buds (tips) covered with fine silvery-white hairs. These hairs are the origin of the tea’s name [13, 14]. Several varieties of white tea are recognized, including Bai Hao Yin Zhen (Silver Needle), Bai Mu Dan (White Peony), Shou Mei (Longevity Eyebrows), and Gong Mei (Tribute Eyebrows) [4, 5]. White tea production in Georgia is currently at an early stage of development. Small-scale farmers and boutique tea producers, such as Gurieli Tea, Georgian Tea, Renegade Tea Estate, and Tea House Guria, are actively working to produce organic and premium-quality teas. These producers are distinguished by hand-picking only the first buds and tender leaves, using low-temperature drying techniques, avoiding chemical additives, and producing small batches of high-quality tea products. The regions of Guria and Adjara are particularly notable for the implementation of experimental processing technologies and the development of premium white tea production.

II. NUTRITIONAL VALUE, THERAPEUTIC POTENTIAL, AND PROCESSING TECHNOLOGY OF WHITE TEA

White tea leaves contain vitamins (B, C, and E), amino acids, macro – and microelements, and antioxidants, including polyphenols and catechins. White tea is known to support the immune system, help combat free radicals, slow the aging processes of the skin and the body, improve metabolism, promote the elimination of toxins, and exert a calming effect [2, 6]. White tea infusion is beneficial for the cardiovascular system, contributes to the normalization of cholesterol levels, and may reduce the risk of hypertension and cardiovascular diseases. Due to its minimal processing, white tea undergoes limited enzymatic transformation and retains a more complete phytochemical profile. White tea also contains less caffeine than many other tea types; therefore, it has a milder stimulating effect and a comparatively greater calming influence on the body [7, 10, 11]. To obtain the maximum benefits and preserve the valuable properties of white tea, proper brewing is essential. The recommended water temperature is 75–80°C. Approximately 2–3 g of tea leaves should be infused in 200 mL of water for 3–5 minutes. The use of a porcelain or glass teapot is recommended to achieve the best sensory and quality characteristics of the infusion.

III. COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF WHITE TEA LEAVES

III.1. Organoleptic Characteristics of White Tea Leaves Processed by Different Methods

The white tea sample dried at 50°C was characterized by a greenish color and the preservation of white buds, indicating minimal damage to the raw material. In contrast, the second sample, which underwent freezing followed by drying at 70°C, exhibited a brown coloration of the leaves, likely resulting from damage to the cellular structure and oxidation of polyphenolic compounds (Table 1). The infusion prepared from the first sample displayed a light yellow, straw-like color, reflecting the relatively mild processing conditions. The infusion of the second sample showed an amber color tending toward light brown, suggesting partial oxidation of polyphenols, transformation of pigments, and a more intensive transfer of extractive substances into the infusion. The tea dried at 50°C was characterized by a delicate and distinctive flavor. The mild processing regime contributed to the preservation of aromatic compounds and amino acids. In contrast, the sample processed by freezing and subsequent drying at 70°C exhibited a slightly astringent taste, which may be associated with the oxidation of catechins and tannins. In the first sample, the leaves retained their green coloration and natural shape, whereas the brown coloration observed in the second sample indicates more pronounced oxidative and thermal changes in the leaf tissue.

Table 1. Organoleptic Characteristics

Parameter	White Tea Obtained by Thermal Drying (50°C)	White Tea Obtained by Freezing (-5°C) Followed by Thermal Drying (70°C)
Appearance	Greenish-colored leaves with white buds (one bud and two leaves)	Brown-colored leaves (one bud and two leaves)
Infusion Color	Light yellow (straw-colored)	Amber-colored (tending toward light brown)

Aroma and Taste	Pleasant aroma and a very delicate characteristic taste	Pleasant aroma with a slightly astringent aftertaste
Color of Brewed Leaves	Leaves developed a green coloration and retained the natural shape of one bud and two leaves	Brown coloration of the leaves remained unchanged

III.2. QUALITY CHARACTERISTICS OF WHITE TEA LEAVES PROCESSED BY DIFFERENT METHODS

The content of extractive substances was higher in the first sample, which may be attributed to the lower degree of structural degradation under mild drying conditions. As a result, soluble organic compounds were better preserved (Table 2). The contents of tannins and catechins were also higher in the first sample. This can be explained by the partial degradation and oxidation of these compounds under the higher temperature and oxidative conditions applied to the second sample. The increased total ash content observed in the second sample indicates a relatively higher concentration of mineral substances. This phenomenon is likely associated with cellular disruption during freezing, followed by intensive dehydration during drying at 70°C.

The infusion prepared from the first sample was less acidic, whereas the acidity of the second sample was higher. The combination of freezing and subsequent high-temperature drying promotes more intensive oxidation of polyphenolic compounds and the release of greater amounts of organic acids. The vitamin C content was significantly higher in the first sample. Vitamin C (ascorbic acid) is a thermolabile compound that is readily degraded through oxidation under the influence of oxygen and elevated temperatures. Therefore, the 70°C drying regime accelerates the decomposition of ascorbic acid, resulting in lower concentrations in the second sample.

Table 2. Quality Characteristics of White Tea Samples

Processing Method	Extractive Substances (%)	Tannins (%)	Catechins (%)	Total Ash (%)	Vitamin C (mg/100 g)	pH
Thermal drying (50°C)	19.75	20.37	6.25	0.39	48.2	5.6
Freezing (-5°C) + Thermal drying (70°C)	18.25	14.55	4.00	0.42	32.6	4.9

III.3. MULTI-ELEMENT ANALYSIS OF WHITE TEA LEAVES PROCESSED BY DIFFERENT METHODS

The white tea sample processed by **freezing** contained a higher concentration of **potassium (9360 mg/L)** compared with the sample obtained by **thermal drying (8460 mg/L)**. In contrast, no significant differences were observed between the samples in terms of **calcium** and **magnesium** contents (Tables 3 and 4). The **sodium** content in the first sample was approximately **2.4 times higher** than that of the second sample. This may be associated with the greater concentration effect of dry matter during thermal processing. The **phosphorus** content was also higher in the first sample, which may be attributed to more efficient extraction or preservation of phosphorus from phosphorus-containing organic compounds. Among the **microelements**, the dominant elements were **Mn, Si, and Al** (Table 4). **Cobalt** and **nickel** were detected only at **trace levels**.

The toxic elements **As, Cd, Pb, Hg, Sb, Ti, Li, Ba, Be, V** were **not detected** in either sample, indicating the safety of the analyzed tea leaves with respect to toxic element contamination.

Table 3. Concentrations of Macroelements (mg/L)

Processing Regime	K	Ca	Mg	Na	P
Thermal drying (50°C)	8460	1510	1350	734	4110
Freezing (-5°C) + Thermal drying (70°C)	9360	1530	1300	301	3480

Table 4. Concentrations of Microelements (mg/L)

Sample No.	Fe	Si	B	Al	Co	Cu	Mn	Ni	Zn
No. 1 (Thermal drying, 50°C)	53.2	84.2	7.78	339	0.622	18.7	51.4	3.04	24.8
No. 2 (Freezing, -5°C + Thermal drying, 70°C)	27.8	86.5	10.1	365	0.152	19.2	63.9	6.94	19.1

IV. INTEGRATED COMPARISON OF THE QUALITY PARAMETERS OF WHITE TEA PROCESSED UNDER DIFFERENT CONDITIONS

The comparative study of white tea samples processed under different technological regimes demonstrated that the sample dried at 50°C is characterized by higher quality parameters. It retains the natural greenish coloration typical of white tea, a delicate aroma, and a mild taste, indicating relatively gentle processing conditions. Mild thermal treatment ensures the stability of biologically active polyphenolic compounds. The sample dried at 50°C also better preserves vitamin C. In contrast, the sample obtained by **freezing (-5°C) followed by drying at +70°C** exhibited more pronounced physicochemical changes, including brown coloration of the leaves, a darker infusion color, and a slightly astringent taste, along with reduced levels of catechins and tannins. Both samples were found to be environmentally safe.

Table 5. Comparative Integrated Characteristics of White Tea Processed by Different Methods

Parameter	White Tea Obtained by Thermal Drying at 50°C	White Tea Obtained by Freezing (-5°C) + Drying at 70°C	Assessment
Appearance	Greenish coloration, good preservation of white buds	Brown coloration	50°C regime better preserves natural structure and chlorophyll
Infusion color	Light yellow, straw-colored	Amber, light brown	High temperature enhances oxidation of polyphenols
Aroma and taste	Delicate, soft, and characteristic taste	Pleasant aroma but astringent taste	50°C better preserves aromatic compounds
Brewed leaf color	Green coloration and natural shape	Brown leaves	Freezing + 70°C causes stronger oxidative changes
Extractive substances (%)	19.75	18.25	Mild drying ensures chemical stability
Tannins (%)	20.37	14.55	High temperature reduces tannin content
Catechins (%)	6.25	4.00	50°C better preserves anti-oxidant compounds

Total ash (%)	0.39	0.42	Freezing + 70°C increases mineral fraction concentration
pH	Higher pH, lower acidity	Lower pH, higher acidity	Intensive processing increases organic acid release
Vitamin C	Higher content	Reduced content	High temperature leads to vitamin C degradation
Potassium (K, mg/L)	8460	9360	Freezing increases mineral extraction
Calcium (Ca, mg/L)	1510	1530	Difference is negligible
Magnesium (Mg, mg/L)	1350	1300	Difference is negligible
Sodium (Na, mg/L)	734	301	Thermal drying causes concentration effects
Phosphorus (P, mg/L)	4110	3480	Thermal regime enhances phosphorus release
Dominant elements	Mn, Al, Si	Mn, Al, Si	Same dominant elements in both samples
Fe (mg/L)	7.78	10.1	Freezing increases Fe extraction
Zn (mg/L)	24.8	19.1	Zn is more sensitive to intensive processing
Trace elements	Co, Ni	Co, Ni	Present in trace amounts in both samples
Toxic elements	Not detected	Not detected	Both are ecologically safe

CONCLUSION

Thermal drying at 50°C is a more effective technological regime for preserving the high quality, organoleptic properties, and bioactive compounds of white tea. In contrast, the combined method of freezing and high-temperature drying contributes to a greater extraction of mineral elements; however, it simultaneously leads to the partial degradation and loss of important bioactive substances.

REFERENCES

1. Beraia, I. *Subtropical Crop Production*. Tbilisi: "Ganatileba" Publishing House, 1975, pp. 73–130.
2. Nakashidze, N., Mikeladze, Z., Mikeladze, A. *Ecology of Subtropical Plants (Textbook)*. Batumi: Batumi Shota Rustaveli State University Publishing House, 2018, pp. 262–277.
3. Fruizde, M. *Tea Degustation and Tea Tasting: A Supplementary Textbook for Students of Food Technology (Lecture Course)*. Kutaisi, 2015, pp. 66–144.
4. Chkhaidze, G., Mikeladze, A. *Tea Cultivation*. Tbilisi: "Ganatileba" Publishing House, 1989, pp. 329–345.
5. Jabnidze, R. *Subtropical Crops*. Batumi, 2021, pp. 51–149.
6. Jabnidze, R. *Tea and Citrus Crops*. Tbilisi, 2004, pp. 281–302.
7. Chen, Z. M., & Lin, Z. *Tea: Bioactivity and Therapeutic Potential*. Springer, 2015. *Springer – Tea: Bioactivity and Therapeutic Potential*
8. Hilal, Y., & Engelhardt, U. (2007). *Characterisation of white tea: Comparison to green and black tea*. *PubMed – Characterisation of white tea*

9. ISO 9768:1994. Tea – Determination of water extract. Geneva: International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/21061.html>
10. ISO 14502-1:2005. Determination of substances characteristic of green and black tea. <https://www.iso.org/standard/31356.html>
11. Khan, N., & Mukhtar, H. (2013). Tea polyphenols for health promotion. *Life Sciences*, 81(7), 519–533. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17655876/>
12. Liu, Y., et al. (2012). Comparative analysis of green, white and black tea composition. *PubMed – Comparative analysis of green, white and black tea composition*
13. Lin, Y. S., Tsai, Y. J., Tsay, J. S., & Lin, J. K. (2003). Catechin concentrations in different types of tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 634–639. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf021066b#>
14. Piyasena, K. G. N., & Hettiarachchi, L. S. K. Identification of key flavor compounds and color substances in tea: A review. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44187-025-00545-w>
15. Tea. *Encyclopaedia Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/tea-beverage>
16. Shimadzu Corporation. ICP Atomic Emission Spectrometer Application Note ICPETM-9820. https://www.shimadzu.com/an/sites/shimadzu.com.an/files/pim/pim_document_file/applications/application_note/14064/an_04-ad-0238-en.pdf

ა(ა)იპ ოჩგანინბაცია
„ქიმიკა და ადამიანის ჯანმრთელობა“
chem.hum.health@gmail.com



Botanical and Morphological Characterization of Elderberry (*Sambucus ebulus* L.) Distributed in the Adjara–Guria Ecosystems and Comparative Analysis of the Phytochemical and Pharmacological Potential of Its Leaves

NINO KIKNADZE

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Agricultural Sciences,
Chief Research Scientist, Associate Professor*

NINO SEIDISHVILI

*Batumi Shota Rustaveli State University, Doctor of Technical Sciences,
Senior Research Scientist*

NATIA PHUTKARADZE

*Second-Year Student of Pharmacy, Faculty of Natural Sciences and Health Care,
Batumi Shota Rustaveli State University*

ABSTRACT

The aim of the study was to investigate the botanical and morphological characteristics, phytochemical profile, and multi-element composition of the leaves of dwarf elder (*Sambucus ebulus* L.) distributed in the Adjara–Guria ecosystems, and to comparatively assess their functional and pharmacological potential. The research materials consisted of elder leaves collected from the villages of Charnali, Tkhilnari, and Dzimiti.

The study included the determination of extractive substances, tannins, catechins, total acidity, vitamin C, pectic substances, and total ash content. In addition, the contents of macroelements, microelements, and toxic elements were analyzed using inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES).

According to the research results, samples collected from Tkhilnari were distinguished by high contents of extractive substances and soluble pectin, while the Charnali samples showed elevated levels of catechins and total pectin. The Dzimiti samples were characterized by high concentrations of tannins, mineral substances, iron, calcium, and magnesium. The concentrations of toxic elements were low in all samples and did not exceed permissible limits, indicating

the ecological safety of the plant material.

The findings demonstrated that the ecological, soil, and climatic conditions of different locations significantly influence the chemical composition and biological activity of *Sambucus ebulus* L. leaves. Elder leaves represent an important source of biologically active compounds and a promising raw material for the production of functional foods, phytopharmaceuticals, and therapeutic-preventive products. Among the studied samples, those collected from Dzimiti exhibited the highest functional and pharmacological value due to their richness in both mineral constituents and pharmacologically active compounds.

KEYWORDS: *Sambucus ebulus* L., phytochemical analysis, morphology, pharmacological potential, quality

RELEVANCE OF THE STUDY

Black elder (*Sambucus ebulus* L.) is an important medicinal and edible plant rich in biologically active compounds, vitamins, antioxidants, flavonoids, and pectins, which determine its wide application in both the pharmaceutical and food industries. In traditional medicine, all parts of the plant are used, including fruits, flowers, leaves, and roots. Approximately 40 species of elder are known worldwide, of which two are distributed in Georgia – *Sambucus ebulus* (dwarf elder) and black elder [1, 2]. Elder is used in the production of functional foods, dietary supplements, and natural colorants. In the context of changing climatic and ecological conditions, elder is of particular interest as an adaptable and widely distributed plant species. Therefore, its study, phytochemical analysis, and evaluation of pharmacological potential are of both scientific and practical importance.

Research Objective

The aim of the study was to determine the qualitative characteristics of *Sambucus ebulus* L. leaves collected from selected locations in Adjara and Guria, and to comparatively evaluate their pharmacological potential based on experimental data.

Research Objects

The study objects were *Sambucus ebulus* L. leaves collected from **Charnali** and **Tkhilnari villages** (Khelvachauri Municipality) and **Dzimiti village** (Ozurgeti Municipality), Georgia.

Methods Used in the Study

The following methods were applied: descriptive analysis [3, 4], gravimetric methods, titrimetric methods [5, 6, 7, 8], and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) [9].

Material and Technical Base

The research was conducted using the facilities and laboratory infrastructure of the **Institute of Agrarian and Membrane Technologies of Batumi Shota Rustaveli State University (BSU)**.

I. MAIN PART

I.1. Botanical and Morphological Description of *Sambucus ebulus* L.

Sambucus ebulus L. – scientific classification: Kingdom: Plantae; Phylum/Division: Magnoliophyta (flowering plants); Class: Magnoliopsida (dicotyledons); Order: Dipsacales; Family: Adoxaceae; Genus: *Sambucus*; Species: *Sambucus ebulus* L. It is a perennial herbaceous plant with a height of 0.5–2 m. The stem is herbaceous and erect. Leaves are odd-pinnate, consisting of 7–11 leaflets, which are lanceolate or elongated-ovate in shape. The inflorescence is an umbel, with flowers that are white or pinkish-white in color. The flowering period extends from June to August. The fruit type is a berry, black or dark purple in color, arranged in clusters. Ripening occurs from late summer to early autumn. The species is found in forest edges and roadside slopes, preferring moist soils. It is distributed in Europe and Western Asia, and in Georgia it is mainly widespread in the western regions [1].

I.2. Medicinal Properties and Economic Importance of *Sambucus ebulus* L.

Sambucus ebulus L. is rich in phenolic compounds and flavonoids and also contains triterpenes, organic acids, and cyanogenic glycosides, which determine its antioxidant, anti-inflammatory, and various biological activities [2]. The medicinal properties of elder include anti-inflammatory action, antimicrobial activity, antioxidant effects, antipyretic and diaphoretic properties, and diuretic action. It is also used in the treatment of joint and skin diseases. In addition to its medicinal value, *Sambucus ebulus* L. has ecological and economic importance. It contributes to soil stabilization on slopes and helps reduce erosion. It is also used as a bioindicator species for assessing soil moisture conditions.

II. SAMBUCUS EBULUS L. PHYTOCHEMICAL ANALYSIS

II.1. Main Qualitative Characteristics of Elder Leaves

The highest content of extractive substances in elder leaves was recorded in the Tkhilnari location (30.0%), while the lowest value was observed in Charnali (20.4%) (Table 1). The content of tannins was highest in Dzimiti (6.9%) and lowest again in Charnali (4.5%). The content of catechins was highest in Charnali (2.6%) and lowest in Tkhilnari (2.1%). The total acidity index was identical across all three locations (4.2%). The content of vitamin C was highest in Charnali and Tkhilnari (59%), and comparatively lower in Dzimiti (53%). Overall, elder leaves from Charnali and Tkhilnari are richer in ascorbic acid (vitamin C) compared to those from Dzimiti.

Table 1. Qualitative Characteristics (%)

Location	Extractive substances	Tannins	Catechins	Total acidity	Vitamin C
Charnali	20.4	4.5	2.6	4.2	59
Tkhilnari	30.0	5.8	2.1	4.2	59
Dzimiti	29.0	6.9	2.3	4.2	53

II.2. Pectic Substances and Total Ash Content in Elder Leaves

The highest content of total ash was recorded in Dzimiti (1.8%), while the lowest value was observed in Tkhilnari (0.6%). The highest content of soluble pectin was found in Tkhilnari (10.89%), whereas the lowest was recorded in Dzimiti (9.8%). The amount of insoluble pectin was maximal in Charnali (5.99%) and minimal in Dzimiti (2.7%). Leaves from Charnali and Tkhilnari are therefore richer in pectic substances, which increases their functional and pharmacological

significance (Table 2). Overall, Charnali is characterized by a higher content of total and insoluble pectin, **Tkhilnari** by the highest soluble pectin content, while Dzimiti shows the highest level of mineral substances (total ash).

Table 2. Ash and Pectin Content in Elder Leaves (%)

Location	Ash (%)	Soluble pectin	Insoluble pectin	Total pectin
<i>Charnali</i>	0.8	10.4	5.99	16.39
<i>Tkhilnari</i>	0.6	10.89	5.2	16.09
<i>Dzimiti</i>	1.8	9.8	2.7	12.5

III. MULTI-ELEMENT ANALYSIS OF ELDER LEAVES

The highest content of potassium was recorded in elder leaves collected from Charnali Village, while the lowest value was observed in Tkhilnari Village (Table 3). The content of calcium was maximal in Dzimiti, and minimal in Charnali. The highest concentration of magnesium was also found in Dzimiti (5694 mg/kg). The highest value of sodium was observed in Tkhilnari (698 mg/kg), while the lowest was recorded in Dzimiti (582 mg/kg). The content of phosphorus was highest in Tkhilnari, and lowest in Charnali.

Table 3. Macroelement Content (mg/kg)

Location	K	Ca	Mg	Na	P
Charnali	10987	1800	3237	600	1930
Tkhilnari	1210	2740	5610	698	2890
Dzimiti	9280	3850	5694	582	2640

The highest concentration of **iron** was recorded in leaves collected from **Dzimiti (345.6 mg/kg)**, which significantly exceeds the values observed in **Charnali (109.8 mg/kg)** and **Tkhilnari (130.0 mg/kg)** (Table 4). The content of **silicon** was also maximal in Dzimiti, while the lowest value was found in Charnali. The highest **boron** content was observed in Charnali, and the lowest in Tkhilnari. The **aluminum** concentration was highest in Tkhilnari and lowest in Dzimiti, which may be associated with soil acidity and local geochemical conditions. The concentration of **cobalt** was low in all samples. The maximum **copper** content was recorded in Tkhilnari, while the minimum was found in Dzimiti. The **manganese** content was highest in Tkhilnari and relatively lower in Dzimiti. The highest concentration of **nickel** was observed in Dzimiti (0.912 mg/kg), while the highest **zinc** content was found in Charnali (16.4 mg/kg).

Table 4. Microelement Content (mg/kg)

Location	Fe	Si	B	Al	Co	Cu	Mn	Ni	Zn
Charnali	109.8	89.3 H	27.0	429	0.0730 L	6.19	60.30	0.408	16.4
Tkhilnari	130.0	163 H	23.8	538	0.0637 L	7.89	90.63	0.715	15.8
Dzimiti	345.6	504 H	25.2	368	0.285 L	4.92	57.21	0.912	12.6

The content of toxic elements in elder leaves is relatively low and does not reach critical levels. However, samples from **Dzimiti** are characterized by comparatively lower concentrations of toxic elements than those from the other locations, which indicates their ecological advantage.

Table 5. Toxic Element Content (mg/kg)

Location	As	Ba	Cd	Cr	Mo	Pb	Se
Charnali	0.266 L	70.5	0.0016 L	0.216	0.913	0.353 L	0.0218 L
Tkhilnari	0.259 L	65.4	0.0236 L	0.377	1.32	0.401 L	-
Dzimiti	0.138 L	31.2	-	0.16	1.1	0.259 L	0.0691 L

CONCLUSION

Elder leaves distributed within the Adjara–Guria ecosystems represent an important source of biologically active compounds and are characterized by diverse functional and pharmacological properties. Samples collected from different locations differ in both organic and mineral composition, which determines their specific biological activity and practical significance. When evaluating the diversity of biologically active substances, antioxidant potential, mineral composition, and ecological safety, the highest functional and pharmacological value can be attributed to the samples from Dzimiti Village.

REFERENCES

1. Kvernadze, A. (2014). *Medicinal Plants*. Tbilisi: "Meridiani". ISBN 978-9941-10-860-0.
2. Kutelia, N., & Mchedlishvili, T. (2020). *Bioactive Plants of the Georgian Flora*.
3. Pruidze, M., & Bendeliani, E. (2012). *Practical Guide to Technochemical Control of Subtropical Crop Production*. Kutaisi.
4. Determination of titratable acidity. (n.d.). Retrieved from <https://studfile.net/preview/16716105/page:9/>
5. ISO 14502-1:2005. (2005). *Determination of substances characteristic of green and black tea – Part 1: Content of total polyphenols in tea – Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent*. <https://www.iso.org/standard/31356.html>
6. ISO 1572:2013. (2013). *Tea – Method for preparation of ground sample and determination of dry matter content*. Retrieved from <https://meganorm.ru/Index2/1/4293775/4293775983.htm>
7. ISO 1575:2013. (2013). *Tea – Methods for determining total, water-insoluble and water-soluble ash*. Retrieved from <https://meganorm.ru/Data2/1/4294826/4294826205.pdf>
8. ISO 6557-2:1984. (1984). *Determination of ascorbic acid (vitamin C) and its compounds*. Retrieved from file:///C:/Users/ICP/Downloads/AB-098_5.pdf
9. Shimadzu Corporation. (n.d.). *ICPE-9820 Series: Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer*. Retrieved from <https://www.shimadzu.com/an/products/elemental-analysis/inductively-coupled-plasma-emission-spectroscopy/icpe-9800-series/index.html>

Iodine-Containing Mineral Spring Drinking Waters in the Context of Human Health Protection and Disease Prevention

R. KVATASHIDZE, L. AKHALBEDASHVILI, M. BROKISHVILI, G. TODRADZE,

N. JANASHVILI, N. GAGNIASHVILI, M. UKLEBA

Al. Tvalchrelidze Caucasian Institute of Mineral Resources, Tbilisi State University

ABSTRACT

This paper is devoted to the study of iodine-containing mineral spring drinking waters identified in the Kaspi district of Georgia and to the assessment of their practical significance for public health. In six springs, across all four seasons of the year, the iodide-ion content was determined by a kinetic method, while the overall chemical composition was established using methods compliant with ISO standards. It was found that the iodine concentration in the springs ranges from 16–54 $\mu\text{g/L}$ and follows a pronounced seasonal dynamic, being minimal in spring–summer and maximal in winter. The waters are practically neutral (pH 7.48–7.69) and fall within the normal range of mineralization. The findings are discussed in comparison with existing methods of iodine-deficiency-disorder prevention (iodized salt, iodide preparations), demonstrating the advantage of iodine-enriched drinking water as a safe and physiologically effective alternative. The study highlights the potential of the mineral waters of the Kaspi district as a natural resource for supplying the population with iodine.

INTRODUCTION

Underground fresh waters remain among the most significant mineral resources, owing to their renewability over time, high quality indicators, and reliable protection. The subsoil of Georgia is rich, across its entire territory, in mineral waters possessing a wide spectrum of physico-chemical properties, of which 95% are potable waters [1]. The confirmed exploitable reserves amount to 67,000 m^3/day . In the 1980s, the country had 46 operating mineral-water deposits, 17 bottling enterprises, 18 balneological resorts, and 27 water-treatment facilities [2].

The therapeutic activity of mineral waters and their mechanism of action on the human body are determined by several characteristics: ionic-salt and gas composition, temperature, and the

presence of specific microelements: iodine, bromine, boron, manganese, and lithium.

The iodine content of Georgia's mineral waters reaches tens and hundreds of mg/L, whereas in surface waters this figure ranges only from 1.4–24 ug/L. High concentrations (10–59 mg/L) are also characteristic of Georgia's oil-associated waters. From a geochemical standpoint, iodine is an element of complex behavior: despite its Clarke value (400 mg/t), it is highly dispersed in the environment. Through active participation in redox, sorption, and biochemical processes, iodine readily changes its form of occurrence (iodide, iodate, molecular, organic forms), which significantly complicates the establishment of regularities in its dynamics over time and space [3]. Nevertheless, it has been established that waters in contact with sedimentary and oil-bearing rocks are distinguished by elevated iodine content the main sites of occurrence being volcanic gases, the weathering crust of ore deposits, and other halogen deposits [1]. In free, mineral form, iodine is rarely found in nature; isolated occurrences have been recorded in the thermal springs of Vesuvius and on Vulcano Island [4].

According to international health organizations, approximately 12% of the world's population suffers from iodine deficiency, and roughly 1.5 billion people live in regions where the air, water, and soil are iodine-deficient. Even in Western Europe, despite its high level of economic development, 800 million people are at risk of iodine-deficiency disorders, and 190 million suffer from endemic goiter. Georgia is among the world's leading countries in terms of endemic goiter prevalence (60–70% of the population), and data from the past 10–15 years indicate a fairly high prevalence of thyroid pathologies. It is precisely the urgency of this problem that necessitated the detailed study of the iodine-containing mineral springs discovered in the Kaspi district.

The contemporary relevance of the issue is further confirmed by recent international research. A national assessment of iodine nutrition status and iodized-salt use conducted in Georgia confirmed that the country still requires ongoing monitoring and intervention for iodine-deficiency prevention [8]. A recent global-level analysis (Global Burden of Disease, 2021) likewise showed that the burden of iodine deficiency among women of reproductive age continues to rise in a number of regions, lending particular importance to the study of natural, local sources of iodine intake [9]. In addition, the latest studies on the iodine content of drinking and mineral waters (for example, in Norway) have confirmed that iodine concentrations vary considerably among different mineral-water brands, and in certain cases can cover a substantial part of daily requirements — confirming that the individual geochemical study of mineral waters, as demonstrated here for the Kaspi district, remains a scientifically and practically heterogeneous yet consistently relevant task [10].

MATERIALS AND METHODS

In six springs selected in the Kaspi district, across all four seasons of the year, the quantitative determination of the iodide ion was carried out using a kinetic method based on the iodide-ion-catalyzed oxidation of thiocyanate ion by a mixture of nitrate and nitrite ions, with photometric detection [5]. The complete chemical analysis of the waters (pH, major cations and anions, total mineralization) was carried out using methods compliant with ISO standards.

RESULTS AND DISCUSSION

The data obtained showed that the iodide-ion content in the studied springs ranged from 16–48 ug/L, with an average value of 32 ug/L (Table 1). The table reveals a pronounced seasonal trend: the minimum concentration is recorded in spring–summer, while the maximum occurs in winter, when the value reaches as high as 54 ug/L in some springs.

Table 1. Seasonal dynamics of iodide-ion content in the studied springs, µg/L

Spring No.	Spring	Summer	Autumn	Winter
1	27	21	32	48
2	25	21	42	48
3	30	24	37	54
4	20	17	16	48
5	15	–	32	43
6	16	–	32	39

Analysis of the chemical composition of the waters (Table 2) showed that the studied springs are practically neutral (pH 7.48–7.69) and fall within the normal range of mineralization total mineralization ranges from 468–866 mg/L, and the combined sodium and potassium content is 50–166 mg/L. These indicators confirm that the waters are safe for drinking and suitable for long-term consumption.

Table 2. Physico-chemical composition and iodine content of the studied spring waters

N	pH	Na+K mg/L	Ca2+ mg/L	Mg2+ mg/L	HCO ₃ – mg/L	Cl – mg/L	SO ₄ 2 – mg/L	Total mineralization mg/L	I – µg/L
1	7.67	147.2	74.89	14.21	464.0	35.5	130.3	866.1	32.0
2	7.58	135.9	61.62	14.21	476.0	21.3	85.2	794.2	42.0
3	7.68	165.6	46.45	14.79	479.0	22.4	110.2	838.4	37.0
4	7.48	59.11	66.36	11.94	348.0	11.01	42.6	539.0	16.0
5	7.69	59.57	57.83	10.24	360.0	2.84	17.0	507.5	32.0
6	7.61	50.6	59.12	9.10	320.0	6.21	23.4	468.4	32.0
Norm	6–9	200.0	140.0	85.0	–	250.0	200.0	1000–1500	–

The iodine content recorded in the waters is regarded as a positive indicator, as it corresponds to the human body's daily and seasonal requirements. The average daily requirement for iodine is estimated at 3 µg/kg of body weight, although this figure is conditional and depends on the physiological state of the organism in particular, the requirement increases considerably during periods of growth and development; on the season of the year from September to January, the iodine concentration in the blood decreases, rises again from February, and reaches its maximum in May–June, although these fluctuations are of small amplitude; and on ambient temperature the requirement for iodine increases in cold conditions. The primary function of iodine is the continuous supply of the thyroid gland for uninterrupted hormone synthesis. The body normally maintains a constant blood iodine concentration (10⁻⁵–10⁻⁶), yet both deficiency and excess lead to the development of corresponding hormonal pathologies [6].

Among the widely used preventive measures, the consumption of iodized salt carries certain limitations the assimilation of iodine in solid form leads to excessive accumulation of salt crystals in the body, while under storage conditions and thermal processing the salt loses a significant portion of its iodine content and, accordingly, its beneficial properties. Intake in the form

of iodide is comparatively safe, since it is rapidly oxidized in the body and reacts with proteins, carbohydrates, and lipids to form complex organic compounds; however, prolonged medicinal treatment can lead to excessive accumulation of iodine in the body and to the development of iodism [7].

Against this background, the consumption of iodine-enriched drinking water offers a number of advantages: iodine does not evaporate during thermal processing, is not lost during storage, itself acts as a natural preservative of the water, has no age-related contraindications, and can be consumed in amounts of up to 3 liters per day. Consequently, replenishing iodine deficiency through naturally iodine-enriched water represents a significantly more effective and physiologically safe approach.

CONCLUSION

The iodine-containing underground drinking waters identified in the Kaspi district have, from both a scientific and a practical standpoint, heightened interest in the geochemical study of other mineral springs in the region and of the mineral raw materials and soils located in their vicinity. The results obtained confirm that the studied waters, owing to their natural iodine content, neutral pH, and mineralization within normal limits, constitute a promising and safe resource for the natural provision of iodine to the population an alternative to medicinal and food-based methods of prevention. A comprehensive geological-chemical-economic assessment of Georgia's mineral raw materials, and of its water deposits in particular, is of great importance for shaping the country's mineral-resource policy and for attracting investment.

REFERENCES

1. Tsersvadze N. *Mineral Waters of Georgia*. Publishing House "Nekeri", 2017, pp. 6–7, 30.
2. Gobejishvili R., Javakhishvili A. *Geographic Atlas of Georgia*. p. 119.
3. Supatashvili G. *Hydrochemistry of Georgia*. Publ. TSU, Tbilisi, 2003, pp. 14–18.
4. Marakashvili E. *Popular Scientific Literature in Chemistry*. "Chemistry and Medicine", Book No. 2.
5. Khukhia B. *Photometric Methods of Analysis*. Publ. TSU, Tbilisi, 1954, vol. 54, pp. 59–63.
6. National Center for Disease Control and Public Health (NCDC) of Georgia. Available at: www.ncdc.ge/endocrinologe.ge
7. Eristavi R., Sudov B., Melitauri G. *Search and Prognosis of Deep-Seated Ore Deposits of the Primary Haloes of Iodine*. Publ. Tbilisi, Georgian Academy of Sciences, A. Janelidze Geological Institute, 2000, pp. 407–414.
8. Gerasimov G., van der Haar F. *Report on the National Assessment of Iodine Nutrition Status and Iodized Salt Use in the Republic of Georgia*. Tbilisi, Georgia: NCDC, UNICEF, Iodine Global Network (IGN), 2017.
9. Wang T., Tong J., Liu Y., Liu Y., Xu H., Liu Y. *Global, regional, and national burden of iodine deficiency for women of reproductive age, 1990–2021: a systematic analysis based on the Global Burden of Disease Study 2021*. *Frontiers in Nutrition*, 2025, 12:1577169. DOI: 10.3389/fnut.2025.1577169.
10. Carlsen M.H., Kielland E., Markhus M.W., Dahl L. *Iodine concentration in tap water, mineral water, and coffee*. *Food & Nutrition Research*, 2023, 67:9517. DOI: 10.29219/fnr.v67.9517.
11. Iodine Global Network (IGN). *Global Scorecard of Iodine Nutrition*, 2021.

Bio-fertilizers (Blackjack, Geohumat, and Cu⁺⁺) Against Environmental Pollution

N. KUTALADZE, G. KILASONIA, T. GOGOLISHVILI,

C. BOLQVADZE T. GORGILADZE

Batumi Shota Rustaveli State University – Institute of Agrarian and Membrane Technologies

ABSTRACT

As the population grows, the demand for food increases, the production of which is impossible without soil. Healthy soil means healthy food. Soil is the foundation of all agronomy; therefore, it is crucial to pay great attention to caring for the soil and its fertility. From contaminated soils, plants can accumulate large quantities of toxic elements such as mercury (Hg), cadmium (Cd), arsenic (As), chromium (Cr), thallium (Tl), and lead (Pb). The uptake of these heavy metals causes soil pollution, which poses a significant threat to human health.

Bio-organic fertilizers hold great potential for soil restoration, health maintenance, and the development of green agriculture. They offer immense ecological and environmental benefits along with broad prospects for application. To prevent soil pollution and obtain ecologically safe products, ecologically safe bio-preparations – Blackjack, Geohumat, and Cu⁺⁺ – were purposefully introduced for the first time in stationary field trials under a mandarin plantation in the red soils of Adjara.

Based on field trials in an Unshiu mandarin plantation within the coastal zone of Adjara, new ecologically clean preparations were purposefully selected for the first time, and their optimal norms and dosages were established. The efficiency indicators of the selected preparations were studied to prevent soil pollution and ensure the production of ecologically safe products.

To achieve this, experimental work was carried out under stationary field trial conditions. According to the experimental design, the ecologically clean bio-preparations (fertilizers) – Blackjack, Geo-humat, and Cu⁺⁺ were applied to the mandarin plantation during the following periods: April, May, June, and July. Concurrently, soil samples were collected at a depth of 50 cm, along with leaf samples from model plants. Agrochemical and chemical indicator analyses were performed under laboratory conditions.

Based on the data obtained from the experiments, we can conclude that the applied bio-fertilizers showed the best results without the use of mineral fertilizers when administered as follows:

- ▲ Blackjack: Applied via soil drenching and foliar spraying;
- ▲ Geohumat: Applied via soil drenching and foliar spraying;
- ▲ Cu⁺⁺: Used as a background treatment via foliar spraying (2 ml per 10 liters of water).

Judging by the data tables presented in this work, heavy metals (As, Cd, Cr, Hg, Pb) and pesticides were not detected in the soil, and consequently, were found neither in the plant nor in the fruit. This outcome is attributed to the fact that the soil was enriched exclusively with ecologically clean fertilizers, thereby preventing the pollution of Adjara's low-fertility red soils.

KEYWORDS: Bio-fertilizer, Red soil (Tsitelmitsa), Citrus, Mandarin, Toxic elements

Biofertilizers are organic substances. Obtained in a natural way, they enrich the soil with microorganisms, improve its structure and contribute to the natural balance. Biological fertilizers are natural and environmentally safe, they are used to increase soil fertility, increase plant nutrients, combat plant pests, combat soil pollution, obtain high-quality and high yields of tangerine fruits, and increase the storage capacity of fruits. Bioorganic fertilizer has great potential in the field of soil restoration, health maintenance and the development of green agriculture. It has enormous ecological and environmental benefits and prospects for wide application. Accordingly, the prospects for the development of bioorganic fertilizers are also very good and the profit potential is enormous. Biofertilizers promote the activity of beneficial microorganisms in the soil, enrich the soil in a natural way, and have a positive impact on the environment and ecosystem.{5}

Biofertilizers are not just a plant food, they are biostimulants that help balance all the components in plants that prevent the plant from developing. Biofertilizers are a source of energy that copes with harmful diseases, although it should be noted that the beneficial pests that the plant also has, the main thing is that biofertilizers do not affect them and do not threaten their mortality. With the help of biofertilizers, the plant's immune system improves, fungal diseases are reduced, and during this time the plant develops a strong root system and becomes healthier. In addition, it should be noted that the effect of biofertilizers on the plant does not have a negative impact on human health in the future. In citrus crops, various diseases are most common. In many cases, they are eliminated by using biofertilizers. (6)

Soil is the source of life, it is a mixture of minerals and organic substances that determine the germination and growth of plants. Soil affects the food that a person receives; water, air, flora, fauna, and human health. Therefore, its pollution causes chain reactions and negatively affects other components. The entire agronomy is based on the soil. With the growth of industrialization, the harmful effects of industrial waste on the environment, especially water and soil, where heavy metals accumulate, are significantly increasing. Soil and water pollution with heavy metals is a significant global problem worldwide. Ways to combat the problem of soil pollution require a lot of time, money and effort. Various methods have been introduced to combat this problem,

With the growth of the population, the demand for food is increasing, the production of which is impossible without soil. Healthy soil means healthy food, so it is important to pay great attention to caring for the soil and its fertility, especially today, when the problem of soil pollution is so relevant all over the world. From polluted soils, plants can accumulate large amounts of toxic elements in the soil, such as mercury (Hg), cadmium (Cd), arsenic (As), chromium (Cr), thallium (Tl) and lead (Pb) and cause soil pollution, which in turn is harmful to flora and fauna, as well as human health.

The absorption of large amounts of heavy metals poses a threat to human health. Excessive intake of cadmium can cause serious diseases such as cancer, bone loss, etc. Lead is especially dangerous for children, as it damages brain cells and the central nervous system. [1]

In order to prevent soil pollution and obtain environmentally safe products, we purposefully and for the first time in stationary field trials under a tangerine plantation in the red soil soils of Adjara, we included environmentally safe biopreparations: Blackjack, Geohumate. Insecticide Cu++ (without the addition of mineral fertilizers {4}) the analyses were conducted using the following research methods: {2-3}

1. Soil sampling – GOST 28168-99, soil sample preparation for analysis – GOST 26583-85
2. Hygroscopic water – GOST 28268-89 by weight
3. PH – in water and KCl – by a peat meter, GOST 26483-85
4. Total humus % – Tyurin method, GOST 26213-91
5. Total nitrogen % – Kjeldahl microchrome method, GOST 2017 – 84
6. Plant-available phosphorus mg / 100 g – by Oniani method GOST 26205-91
7. Plant-available potassium mg / 100 g – by the SOIL TEST-500 apparatus and by the Peive method, GOST 2609-91
8. Hydrolytic nitrogen mg / kg by Tyurin and Konanova method GOST 26213-84
9. Total absorbed bases% by Kapen method, GOST 27821-88 titration.
10. Total nitrogen (in plant)% by Kjeldahl method, GOST 26107-84
11. Total potassium in plant% wet weight, GOST 20851-3-93
12. Total phosphorus%-wet weight GOST 26261-84
13. Also using a plasma atomic emission spectrophotometer (ICPE-Experimental part

Field trials were conducted on the Chakvi collection plot of the SSP IP in the mandarin "Un-shius" (broad-leaf) plantation. In general, using the adopted method, 3-fold repetition – before and during the trial, soil samples were taken at a depth of 50 cm, as well as plant leaf samples and were determined by agrochemical and biochemical indicators. Biofertilizers were applied according to the scheme four times during the vegetation period (April, May, June, July) without mineral fertilizers. A comparison was made with the option of applying mineral fertilizers. The trials were set up according to the following scheme:

1. BlackJack – applied both as foliar spray and soil drench (8 mL dissolved in 2 L of water per plant; application interval: every 10–15 days). Cu^{++} (10 mg dissolved in 3.5 L of water) applied as foliar spray.
2. GeoHumate – applied both as foliar spray and soil drench (5 mL dissolved in 1 L of water per plant; application interval: every 10–15 days). Cu^{++} (10 mg dissolved in 3.5 L of water) applied as foliar spray.
3. Control (without biofertilizers)

After the experimental treatments, a multi-element analysis of the soil water extract was performed to determine the macro – and microelement composition. The analytical results are presented in Table 1.

Table 1. Results of multi-element analysis in the soil water extract (red soil, Chakvi site, 08.07.2025)

Element	Concentration (mg/L)	Element	Concentration (mg/L)	Element	Concentration (mg/L)
Al	1.81	As	-0.0107	B	0.327
Ba	0.0031	Be	0.0012 L	Ca	9.98
Cd	-0.0201	Co	-0.0122	Cr	-0.0475
Cu	-0.0998	Fe	3.18	Hg	-2.43
K	3.13	Li	1.99	Mg	2.80

Mn	0.0144	Mo	-0.0299	Na	-0.364
Ni	0.0008	P	0.392 L	Pb	-0.155
Sb	-0.0862	Se	0.0194 L	Si	59.2
Ti	0.175	Tl	-0.0107	V	-0.154
Zn	-0.0341				

Emphasis was placed on determining the content of toxic elements—arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), mercury (Hg), nickel (Ni), and lead (Pb) which are primarily responsible for soil contamination.

Specifically, the measured concentrations of these elements in the soil water extract were as follows: As – 0.011 mg/L, Cd – 0.020 mg/L, Cr – 0.046 mg/L, Hg – trace, Ni – 0.0008 mg/L, and Pb – 0.155 mg/L.

These results indicate that the concentrations of toxic heavy metals are extremely low, remaining below internationally accepted threshold limits, thereby confirming the absence of contamination and the ecological safety of the studied soils.

To further assess the effect of biofertilizer application, mandarin leaf samples were collected after treatment. The chemical composition (macro – and microelements) of the leaves was analyzed, and the results are presented in Table 2.

Chemical Composition of Mandarin Leaves (Macro – and Microelements) After Biofertilizer Application (22–28 August 2025)

Table 2. Composition of macro – and microelements in mandarin leaves following the application of biofertilizers.

Variant	Al (mg/L)	As (mg/L)	B (mg/L)	Ba (mg/L)	Be (mg/L)	Ca (mg/L)	Cd (mg/L)	Co (mg/L)	Cr (mg/L)
BlackJack (20 mL per 3 L of water, applied to soil and foliage) + Cu ⁺⁺ (20 mL per 10 L of water, foliar spray)	54.4	-0.0723	15.0	30.0	0.0020L	2043.37	-0.0216	-0.0206	-0.083
GeoHumate (15 mL per 3 L of water, applied to soil and foliage) + Cu ⁺⁺ (20 mL per 10 L of water, foliar spray)	66.3	-0.0618	17.7	40.5	0.0021 L	2174.00	-0.0238	-0.0264	-0.049
Without biofertilizers (control)	27.9	-0.102	8.4	18.4	0.0009 L	1985.40	-0.0284	-0.0284	-0.0487

Table 3. Concentration of additional macro – and microelements in mandarin leaves after biofertilizer application (22–28 August 2025)

Variant	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	Hg (mg/L)	K (mg/L)	Li (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Mo (mg/L)	Na (mg/L)
BlackJack (20 mL per 3 L of water, applied to soil and foliage) + Cu ⁺⁺ (20 mL per 10 L of water, foliar spray)	17.1	31.6	-11.4	3400	-2.33	844	8.58	-0.095	311
GeoHumate (15 mL per 3 L of water, applied to soil and foliage) + Cu ⁺⁺ (20 mL per 10 L of water, foliar spray)	36.4	35.4	-11.7	3760	-1.45	951	10.7	-0.0321	427
Without biofertilizers (control)	4.32	16.9	-7.7	2590	-3.44	608	4.19	-0.0358	372

Table 4. Concentration of trace elements in mandarin leaves after biofertilizer application (22–28 August 2025)

Variant	Ni (mg/L)	P (mg/L)	Pb (mg/L)	Sb (mg/L)	Se (mg/L)	Si (mg/L)	Ti (mg/L)	Tl (mg/L)	V (mg/L)	Zn (mg/L)
BlackJack (20 mL/3 L water, soil + foliar application) + Cu ⁺⁺ (20 mL/10 L water, foliar spray)	1.28	978	-0.12	-0.452	0.227 L	198	-0.0816 L	-0.22	-0.0177	7.20
GeoHumate (15 mL/3 L water, soil + foliar application) + Cu ⁺⁺ (20 mL/10 L water, foliar spray)	1.35	1280	-0.105	-0.277	0.120 L	254	-0.0244 L	-0.299	-0.0165	9.08
Without biofertilizers (Control)	0.575	766	-0.251	-0.426	0.144 L	99.4	0.0387 L	-0.284	-0.0338	3.59

The toxic elements, As, Hg, Cd, Sb, Pb, and Ni, were not detected in the mandarin leaves. As a background treatment, the Cu⁺⁺ insecticide was applied both to the soil (by drenching) and to the plants (by foliar spraying), which also exerted a positive effect on the suppression of pest and disease incidence. Multiple monitoring sessions conducted during the vegetation period confirmed the positive influence of the applied preparations on plant health and development.

The soil and plant analyses were performed at the Institute of Agrarian and Membrane Technologies, within the Laboratory of Agrochemistry and Soil Science, using a plasma atomic emission spectrophotometer (ICPE-9820). Analyses were carried out under both wet and dry ashing conditions [2,3].

Based on three years of experimental data, we can now provide scientifically validated recommendations and methodological guidelines. The results obtained can be effectively used by farmers, as well as by research centers and professionals in related fields, biochemists, biologists, agrochemists, soil scientists, and entomologists to prevent soil contamination. It is recommended that only the identified ecologically clean biofertilizers be used to achieve environmentally safe, high-quality yields.

CONCLUSIONS

Based on the results obtained from the experiments conducted, the following conclusions were drawn:

- ▲ The applied biofertilizers BlackJack (soil and foliar application) and GeoHumate (soil and foliar application) in combination with Cu⁺⁺ (2 mL per 10 L of water, foliar spray), without the use of mineral fertilizers, produced the best overall results.
- ▲ Soil fertility improved significantly.
- ▲ The concentration of essential nutrient elements in mandarin leaves increased.
- ▲ During the vegetation period, a positive effect of the applied formulations was observed, and plant diseases and pest infestations were effectively suppressed.
- ▲ Most importantly, a high, ecologically clean, and high-quality yield was obtained.

According to the analytical data presented in the tables, no pesticide residues or toxic elements such as As, Cd, Cr, Hg, or Pb were detected in the soil, plants, or fruit. This confirms that the soil was enriched exclusively with environmentally safe fertilizers, thereby preventing contamination of the low-fertility red soils of Adjara.

REFERENCES

1. Avqopashvili, M. (2022). *Remediation of Soils Contaminated with Heavy Metals: Monograph*. Tbilisi, pp. 172–178.
2. Margvelashvili, G. (2019). *Chemical Analysis of Soil*. Tbilisi, pp. 59–64, 120–122, 149–152.
3. Margvelashvili, G., & Dzadzamia, T. (2021). *Practices in Agrochemistry*. Tbilisi. ISBN: 978-9941-8-1511-9.
4. Chanishvili, Sh. (1973). *Methodology of Experimental Work*. Tbilisi: Metsniereba Publishers.
5. Fikry, A. M., Radhi, K. S., & Abourehab, M. (2022). Effect of Inorganic and Organic Nitrogen Sources and Biofertilizer on Murcott Mandarin Fruit Quality. *Life*, 12(12), Article 2120. <https://doi.org/10.3390/life12122120>
6. Muhammad, H., & Hassan, S. (2023). Paradigm Shift towards Beneficial Microbes Enhancing the Efficiency of Organic and Inorganic Nitrogen Sources for a Sustainable Environment. *Land*, 12(3), Article 680. <https://doi.org/10.3390/land120>

Persistently Elevated Vitamin B12: A Missed Diagnostic Opportunity?

NAMEERA PARVEEN SHAIKH^{1,2}, ALEENA PARVEEN SHAIKH²,

TAMAR PESHKOVA², IRINA NAKASHIDZE²

¹*School of Occupational and Public Health, Toronto Metropolitan University,
Toronto, ON, Canada ROR ID: 05g13zd79*

²*Faculty of Natural Sciences and Health Care, Batumi Shota Rustaveli State
University, Batumi, Georgia ROR ID: 0212gyx73*

Correspondence: Nameera Parveen Shaikh (nameera.ali7@gmail.com,
nameera.shaikh@torontomu.ca)

Background: Vitamin B12 testing is primarily performed to identify deficiency; however, persistently elevated serum vitamin B12 levels in patients not receiving supplementation are uncommon and may indicate underlying pathology. Emerging evidence suggests that unexplained hypercobalaminemia is associated with solid and haematological malignancies, although its diagnostic significance remains underrecognized. This study describes a patient with persistently elevated vitamin B12 levels that prompted further investigation and was associated with the diagnosis of a gastrointestinal stromal tumour (GIST).

Methods: We conducted a retrospective analysis of the clinical records of a 69-year-old female presenting with persistently elevated serum vitamin B12 levels (19,717 pg/mL; reference range: 173–700 pg/mL) despite no history of vitamin B12 supplementation. Clinical assessment, laboratory investigations, imaging, endoscopic findings, histopathology, treatment, and follow-up data were reviewed. Relevant literature was examined to place the findings within the context of current evidence.

Results: The patient had a history of type 2 diabetes, autoimmune thyroid disease, and mild iron deficiency anaemia. Gastroenterological evaluation identified a gastrointestinal stromal tumour (GIST), confirmed by positive immunohistochemical staining for CD117, CD34, and CD56. Following tumour resection and partial gastrectomy, vitamin B12 abnormalities persisted alongside hyperhomocysteinemia, despite normal liver and kidney function. The patient subsequently received adjuvant imatinib therapy. Current literature suggests that persistent hypercobalaminemia is associated with an increased risk of several solid malignancies and may reflect tumour-related alterations in vitamin B12 transport proteins or metabolism.

Conclusion: Persistent elevation of serum vitamin B12 in the absence of supplementation should not be dismissed as an incidental laboratory finding. This case highlights the importance

of considering occult malignancy in the differential diagnosis of unexplained hypercobalaminemia and supports further investigation into the role of vitamin B12 as a potential biomarker for earlier cancer detection.

KEYWORDS: Vitamin B12, Hypercobalaminemia, Gastrointestinal Stromal Tumour, Cancer Biomarker, Diagnostic Challenge

INTRODUCTION

Vitamin B12 (cobalamin) is essential for nervous system function, DNA synthesis, and red blood cell formation. Elevated serum B12 levels are uncommon and often overlooked in routine diagnostics. Persistent elevation, particularly above 1000 pg/mL, has been associated with solid cancers, liver disease, autoimmune disorders, and, rarely, macro-vitamin B12 complexes (Allen, 2012; Andr  s et al., 2013; Obeid, 2022) thus causing uncertainties regarding safety of vitamin B12. We conducted a systematic literature search and a scoping review of human studies published in PubMed between January 2005 and March 2022, to investigate the association between vitamin B12 (concentrations of B12 biomarkers, intake, and genetic determinants. The mechanism of B12 elevation in malignancies remains unclear but may involve increased binding proteins or tumour-related metabolic changes.

In clinical practice, unexplained high B12 levels should prompt evaluation for underlying pathology, including malignancy (Arendt et al., 2016). We present a case of a 69-year-old woman with persistent, unexplained B12 elevation, ultimately diagnosed with gastrointestinal stromal tumour (GIST). This case highlights the importance of considering elevated B12 as a potential diagnostic clue for malignancies.

Case Report

A 69-year-old female attended Khozrevanidze Clinic in Batumi with no acute symptoms but a history of persistently elevated serum Vitamin B12 levels (19,717 pg/ml; reference range: 173–700 pg/ml) despite not taking supplements. She had a background of type 2 diabetes mellitus, managed with metformin (2000 mg daily), autoimmune thyroid disease with euthyroid status, and mild iron deficiency anaemia. On examination, her height was 165 cm, weight 84 kg (BMI 30.85).

Following consultations with gastroenterology and hematology teams, she underwent upper gastrointestinal endoscopy, which revealed a mass lesion. Histopathology confirmed a gastrointestinal stromal tumour (GIST) (D37.1) associated with gastritis and oesophagitis. Immunohistochemistry was positive for CD117, CD34, and CD56. The patient underwent successful tumour resection and partial gastrectomy.

Post-operative laboratory investigations (refer to Table 1) showed deranged complete blood count parameters consistent with iron deficiency anaemia, while kidney and liver function tests and electrolytes remained within normal limits. Hyperhomocysteinemia (D68.8) persisted following surgery.

Table 1: Post-operative blood test anomalies

Test	Result
RBC	Low
HGB	Low
HCT	Low
Monocyte	High
Eosinophils	High
MPV	Low
ESR	Low
Homocysteine	High
RBC: Red Blood Cells, HGB: Hemoglobin, HCT: Hematocrit, MPV: Mean Platelet Volume, ESR: Erythrocyte Sedimentation Rate	

She was started on imatinib (Gleevec) 400 mg daily as part of her follow-up management. Given her persistent post-operative hyperhomocysteinemia, she was also started on folic acid/vitamin B6/vitamin B12 complex once daily. This supplementation was initiated to treat her hyperhomocysteinemia.

DISCUSSION

Persistent elevation of serum Vitamin B12 can serve as an important diagnostic clue for serious underlying conditions, including hepatic and haematological malignancies (Serraj et al., 2011) it can be sometimes paradoxically accompanied by signs of deficiency reflecting a functional deficit in relation to qualitative abnormalities related to defects in tissue uptake and action of vitamin B12. Etiological profile of hypervitaminemias B12 has mostly serious disease entities and for which early diagnosis is crucial to the plan rather than prognostic. These entities are represented mainly by solid malignancies, hematological malignancies and liver diseases. This reflects the potential significance that may have the dosage of vitamin B12 as an early marker of diagnosis of these diseases. Codified approach is needed to determine the potential indications of the search for a hypervitaminemia B12 and practice what to do to pass before the discovery of a high serum level of cobalamin.";container-title":"Presse Medicale (Paris, France: 1983. In our patient, markedly elevated B12 was accompanied by hyperhomocysteinemia and prompted further investigation, which resulted in the diagnosis of a GIST. Although the exact mechanism remains unclear, proposed explanations include increased availability of B12 from tumour-produced biochemicals that support nucleic acid synthesis and cell proliferation, as well as haptocorrin release from granulocytic cells responding to tumour activity (Lacombe et al., 2021).

CD117 positivity, as seen in our patient, is a recognized immunohistochemical marker for GISTs (Sarlomo-Rikala et al., 1998). CD56 positivity, though more classically associated with neuroendocrine tumours, has also been reported in a subset of GISTs, which may reflect a degree of neuroendocrine differentiation within the tumour (Chen et al., 2020). Persistent plasma B12 ≥ 1000 pg/mL has been strongly associated with increased incidence of solid cancers (HR 5.90; 95% CI 2.79–12.45) compared to non-persistent elevation, suggesting that persistent B12 elevation may help identify patients who warrant further evaluation for occult malignancy (Lacombe et al., 2021).

Elevated B12 has been reported in association with several malignancies, including gastric, colon, breast, liver, lung, prostate, and childhood brain tumours (Jammal et al., 2013; Lin

et al., 2010; Cui et al., 2016; Simonsen et al., 2014; Fanidi et al., 2019; Luu et al., 2021; Price et al., 2016) 2005 and 30th April, 2008 in the UMAG pole departments (emergency, internal medicine, acute geriatrics and medical intensive care. In liver cancers, high B12 levels have been linked to tumour progression, poorer survival, and correlations with tumour markers such as alpha-feto-protein (Cui et al., 2016; Lin et al., 2010; Simonsen et al., 2014). Lung carcinomas have shown a positive association between B12 elevation and cancer risk, with stronger links in specific histological types and in men (Fanidi et al., 2019; Luu et al., 2021) including cancer risk. We aimed to elucidate the role of vitamin B12 in lung cancer etiology via direct measurements of pre-diagnostic circulating vitamin B12 concentrations in a nested case-control study, complemented with a Mendelian randomization (MR). Even modest increases in B12 have been associated with prostate cancer risk (Price et al., 2016).

Although the patient's serum B12 remained elevated, persistent hyperhomocysteinemia may suggest impaired intracellular utilization of vitamin B12 despite elevated circulating concentrations. This may have been influenced by partial gastrectomy and long-term metformin use, both of which can impair B12 absorption. However, these factors do not fully explain the markedly elevated pre-operative serum B12 level, which remains clinically significant and warrants consideration of malignancy, liver disease, haematological disease, autoimmune disease, and macro-vitamin B12 in the differential diagnosis (Ardeman & Chanarin, 1966; Infante et al., 2021).

This case adds to the limited literature on GISTs associated with persistent, unexplained B12 elevation. While B12 testing is primarily used to detect deficiency, sustained high levels without supplementation should prompt further investigation, particularly for malignancy. Early recognition may allow timely intervention and improve patient outcomes.

CONCLUSION

Persistent, unexplained elevation of serum vitamin B12 should prompt careful evaluation for underlying disease, including malignancy, liver disease, haematological disorders, autoimmune conditions, and macro-vitamin B12. In this case, markedly elevated B12 in the absence of supplementation prompted further investigation and was associated with the diagnosis of a gastrointestinal stromal tumour. This case highlights the importance of not dismissing unexplained hypercobalaminaemia as an incidental laboratory finding.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

1. Allen, L. H. (2012). Vitamin B-12. *Advances in Nutrition* (Bethesda, Md.), 3(1), 54–55. <https://doi.org/10.3945/an.111.001370>
2. Andr  s, E., Serraj, K., Zhu, J., & Vermorken, A. J. M. (2013). The pathophysiology of elevated vitamin B12 in clinical practice. *QJM: Monthly Journal of the Association of Physicians*, 106(6), 505–515. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hct051>
3. Ardeman, S., & Chanarin, I. (1966). Gastric intrinsic factor secretion after partial gastrectomy. *Gut*, 7(3), 217–219. <https://doi.org/10.1136/gut.7.3.217>
4. Arendt, J. F. H., Farkas, D. K., Pedersen, L., Nex  , E., & S  rensen, H. T. (2016). Elevated plasma vitamin B12 levels and cancer prognosis: A population-based cohort study. *Cancer Epidemiology*, 40, 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2015.12.007>

5. Chen, X., Guo, C., Cui, W., Sun, K., Wang, Z., & Chen, X. (2020). CD56 Expression Is Associated with Biological Behavior of Pancreatic Neuroendocrine Neoplasms. *Cancer Management and Research*, Volume 12, 4625–4631. <https://doi.org/10.2147/CMAR.S250071>
6. Cui, L.-H., Quan, Z.-Y., Piao, J.-M., Zhang, T.-T., Jiang, M.-H., Shin, M.-H., & Choi, J.-S. (2016). Plasma Folate and Vitamin B12 Levels in Patients with Hepatocellular Carcinoma. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(7), 1032. <https://doi.org/10.3390/ijms17071032>
7. Fanidi, A., Carreras-Torres, R., Larose, T. L., Yuan, J.-M., Stevens, V. L., Weinstein, S. J., Albanes, D., Prentice, R., Pettinger, M., Cai, Q., Blot, W. J., Arslan, A. A., Zeleniuch-Jacquotte, A., McCullough, M. L., Le Marchand, L., Wilkens, L. R., Haiman, C. A., Zhang, X., Stampfer, M. J., ... LC3 consortium and the TRICL consortium. (2019). Is high vitamin B12 status a cause of lung cancer? *International Journal of Cancer*, 145(6), 1499–1503. <https://doi.org/10.1002/ijc.32033>
8. Infante, M., Leoni, M., Caprio, M., & Fabbri, A. (2021). Long-term metformin therapy and vitamin B12 deficiency: An association to bear in mind. *World Journal of Diabetes*, 12(7), 916–931. <https://doi.org/10.4239/wjd.v12.i7.916>
9. Jammal, M., Deneuville, T., Mario, N., Tiev, K., Tolédano, C., Josselin-Mahr, L., Pateron, D., Guidet, B., Retbi, A., Taright, N., Cabane, J., & Kettaneh, A. (2013). [High plasmatic concentration of vitamin B12: An indicator of hepatic diseases or tumours]. *La Revue De Medecine Interne*, 34(6), 337–341. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2012.10.006>
10. Lacombe, V., Chabrun, F., Lacout, C., Ghali, A., Capitain, O., Patsouris, A., Lavigne, C., & Urbanski, G. (2021). Persistent elevation of plasma vitamin B12 is strongly associated with solid cancer. *Scientific Reports*, 11(1), 13361. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92945-y>
11. Lin, C.-Y., Kuo, C.-S., Lu, C.-L., Wu, M.-Y., & Huang, R.-F. S. (2010). Elevated serum vitamin B(12) levels in association with tumour markers as the prognostic factors predictive for poor survival in patients with hepatocellular carcinoma. *Nutrition and Cancer*, 62(2), 190–197. <https://doi.org/10.1080/01635580903305334>
12. Luu, H. N., Wang, R., Jin, A., Koh, W.-P., & Yuan, J.-M. (2021). The association between dietary vitamin B12 and lung cancer risk: Findings from a prospective cohort study. *European Journal of Cancer Prevention: The Official Journal of the European Cancer Prevention Organisation (ECP)*, 30(3), 275–281. <https://doi.org/10.1097/CEJ.0000000000000660>
13. Obeid, R. (2022). High Plasma Vitamin B12 and Cancer in Human Studies: A Scoping Review to Judge Causality and Alternative Explanations. *Nutrients*, 14(21), 4476. <https://doi.org/10.3390/nu14214476>
14. Price, A. J., Travis, R. C., Appleby, P. N., Albanes, D., Barricarte Gurrea, A., Bjørge, T., Bueno-de-Mesquita, H. B., Chen, C., Donovan, J., Gislefoss, R., Goodman, G., Gunter, M., Hamdy, F. C., Johansson, M., King, I. B., Kühn, T., Männistö, S., Martin, R. M., Meyer, K., ... Endogenous Hormones, Nutritional Biomarkers, and Prostate Cancer Collaborative Group. (2016). Circulating Folate and Vitamin B12 and Risk of Prostate Cancer: A Collaborative Analysis of Individual Participant Data from Six Cohorts Including 6875 Cases and 8104 Controls. *European Urology*, 70(6), 941–951. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2016.03.029>
15. Sarlomo-Rikala, M., Kovatich, A. J., Barusevicius, A., & Miettinen, M. (1998). CD117: A sensitive marker for gastrointestinal stromal tumours that is more specific than CD34. *Modern Pathology: An Official Journal of the United States and Canadian Academy of Pathology, Inc*, 11(8), 728–734.
16. Serraj, K., Mecili, M., Housni, I., & Andrès, E. (2011). [Hypervitaminemia B12 (high level of cobalamin): Physiopathology, role and interest in clinical practice]. *Presse Medicale (Paris, France: 1983)*, 40(12 Pt 1), 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2011.08.010>
17. Simonsen, K., Rode, A., Nicoll, A., Villadsen, G., Espelund, U., Lim, L., Angus, P., Arachchi, N., Vilstrup, H., Nexø, E., & Grønbaek, H. (2014). Vitamin B₁₂ and its binding proteins in hepatocellular carcinoma and chronic liver diseases. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 49(9), 1096–1102. <https://doi.org/10.3109/00365521.2014.921325>

Natural Therapeutic Resources in Translational and Integrative Medicine: From Chemical Characterization to Clinical Integration

MARINE SHAVLAKADZE¹²³, GIORGI NATROSHVILI²³

¹ University of Georgia, Tbilisi, Georgia

² Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

³ Organization "Chemistry and Human Health", Tbilisi, Georgia
marishavlakadze@gmail.com

ABSTRACT

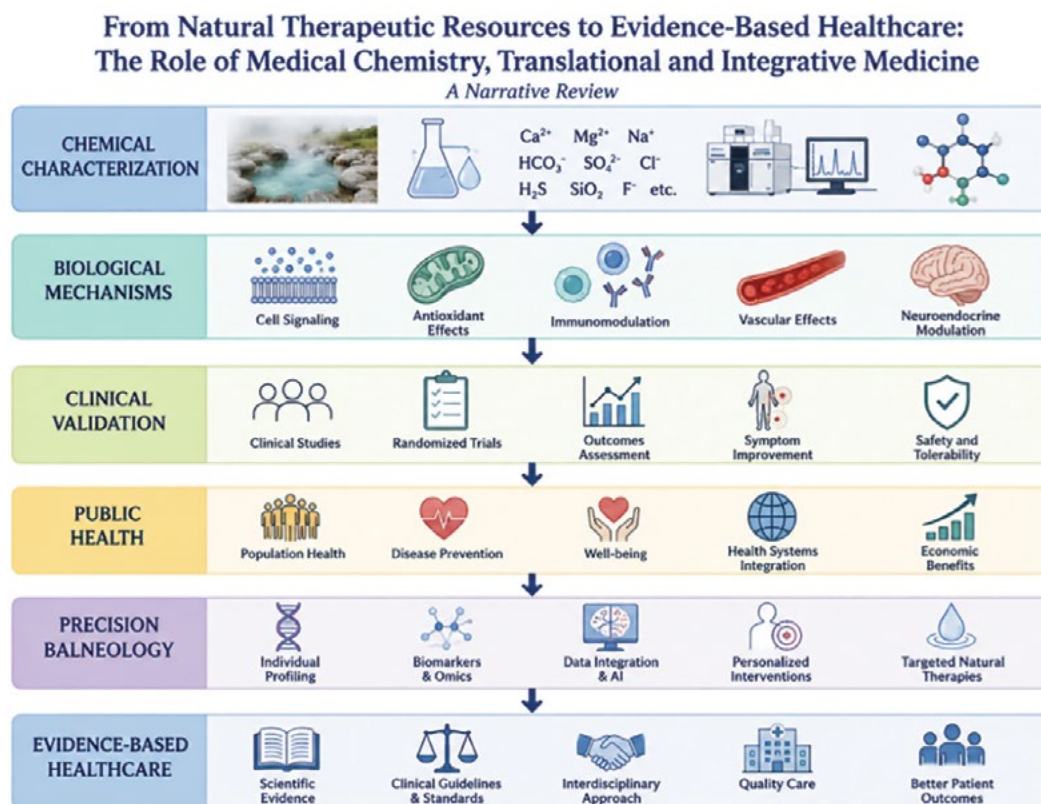
Natural therapeutic resources, including mineral waters, thermal springs, therapeutic muds, and bioactive natural compounds, play an important role in health promotion, disease prevention, and rehabilitation. Despite their long-standing application, the systematic integration of their chemical characterization, biological mechanisms of action, and clinical efficacy remains limited, restricting their evidence-based implementation in modern healthcare systems.

The present study aims to provide a comprehensive analysis of the chemical and biological foundations of natural therapeutic resources and to propose a novel translational-integrated conceptual framework for their evidence-based implementation in contemporary healthcare. The study is based on an interdisciplinary synthesis of current evidence from medical chemistry, biochemistry, balneology, translational medicine, integrative medicine, and public health.

This paper introduces a novel conceptual framework that bridges the chemical characterization of natural therapeutic resources with their molecular and physiological mechanisms of action, clinical evidence, and integration into public health practice. Particular attention is given to the ionic composition, trace element profiles, dissolved gases, and bioactive constituents of mineral waters and other natural therapeutic factors, together with the biological mechanisms underlying their therapeutic effects. The role of translational medicine in transforming molecular and experimental findings into clinical applications is discussed, as well as the contribution of integrative medicine to achieving an evidence-based synergy between natural and conventional therapeutic approaches. The proposed framework may serve as a foundation for future standardization, personalized balneological interventions, and evidence-based policy development in natural therapeutic resource management.

The analysis demonstrates that the effective and safe clinical implementation of natural

therapeutic resources requires standardized translational strategies, interdisciplinary collaboration, and the incorporation of personalized medicine principles. The proposed conceptual framework provides a scientific foundation for the standardization, evidence-based application, and effective integration of natural therapeutic resources into contemporary healthcare systems. Collectively, the proposed framework contributes to advancing translational and integrative medicine by establishing a systematic bridge between chemical characterization, mechanistic evidence, clinical validation, and public health implementation of natural therapeutic resources.



Graphical Abstract

Graphical Abstract. Conceptual overview of the proposed translational-integrated framework illustrating the progression from chemical characterization of natural therapeutic resources through biological mechanisms and clinical validation to evidence-based healthcare implementation. The graphical abstract summarizes the multidisciplinary workflow proposed in this review and highlights the integration of medical chemistry, translational medicine, precision balneology, and public health.

KEYWORDS: natural therapeutic resources; balneology; translational medicine; integrative medicine; medical chemistry; personalized medicine

1. INTRODUCTION

Natural therapeutic resources, including mineral waters, thermal waters, therapeutic muds (peloids), and various bioactive natural compounds, have been used for centuries for health promotion, disease prevention, and rehabilitation (Nasermoaddeli & Kagamimori, 2005; Fioravanti et al., 2011; Karagülle & Karagülle, 2022). In modern healthcare, where increasing attention is directed toward natural, minimally invasive, and patient-centered therapeutic approaches, these

resources have regained considerable medical and public health importance (**World Health Organization, 2013**).

Despite their widespread use, scientific evaluation of the efficacy and safety of natural therapeutic resources remains fragmented. Existing studies frequently focus on individual aspects—chemical composition, biological activity, or clinical outcomes—while comprehensive integration of these domains remains limited. Furthermore, the lack of standardization, uncertainties regarding therapeutic dosing, and the limited availability of high-quality clinical evidence continue to restrict their evidence-based incorporation into contemporary healthcare systems (**Cheleschi et al., 2020; Karagülle & Karagülle, 2022**).

Addressing these limitations requires a translational medicine approach, which facilitates the effective translation of discoveries from fundamental sciences into clinical practice. Such an approach enables systematic integration of the chemical characterization of natural therapeutic resources with their biological mechanisms and clinical outcomes (**Woolf, 2008; Rubio et al., 2010; National Center for Advancing Translational Sciences, 2024**). At the same time, integrative medicine provides a framework for combining evidence-based natural therapies with conventional medical interventions to achieve patient-centered healthcare (**World Health Organization, 2013; Snyderman & Yoediono, 2021**).

Among natural therapeutic resources, balneological factors, particularly mineral waters, represent highly complex natural systems characterized by diverse ionic compositions, trace elements, dissolved gases, and bioactive constituents. These physicochemical characteristics determine their biological activity and therapeutic potential (**Cheleschi et al., 2020; Fioravanti et al., 2011**). Consequently, understanding the mechanisms underlying their clinical effects requires an interdisciplinary perspective that integrates medical chemistry, biochemistry, clinical medicine, balneology, environmental sciences, and public health (**Karagülle & Karagülle, 2022**).

The present study aims to provide a systematic analysis of the chemical and biological foundations of natural therapeutic resources and to evaluate their translational integration into contemporary medical practice. Beyond reviewing current scientific evidence, this paper proposes a novel translational-integrated conceptual framework that systematically links chemical characterization, molecular mechanisms, biological responses, clinical implementation, and public health applications. The proposed framework seeks to bridge existing gaps between laboratory research and evidence-based clinical practice, providing a scientific basis for the standardization, clinical validation, and future integration of natural therapeutic resources into modern healthcare systems.

To the best of our knowledge, few previous reviews have attempted to comprehensively integrate medical chemistry, balneology, translational medicine, integrative medicine, and public health into a unified conceptual framework for natural therapeutic resources.

2. THEORETICAL BACKGROUND

2.1. Classification of Balneological Resources

Natural therapeutic resources comprise a diverse group of balneological factors that differ in their origin, physicochemical characteristics, and biological mechanisms of action. Their classification is based on physical parameters, chemical composition, and therapeutic applications, providing the foundation for standardized evaluation, scientific characterization, and evidence-based clinical use (**Nasermoaddeli & Kagamimori, 2005; Karagülle & Karagülle, 2022**).

The principal categories of balneological resources include mineral waters, thermal waters, and therapeutic muds (peloids), all of which are widely utilized in balneology, rehabilitation

medicine, preventive medicine, and spa therapy. Although these resources differ in composition and physical properties, they share the common characteristic of exerting therapeutic effects through complex interactions between chemical, physical, and biological factors (Fioravanti et al., 2011; Cheleschi et al., 2020).

Mineral waters are primarily classified according to their dominant chemical constituents and ionic composition. They are characterized by varying concentrations of sodium (Na^+), calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), bicarbonate (HCO_3^-), sulfate (SO_4^{2-}), chloride (Cl^-), and other dissolved ions. The relative proportions of these components determine both the hydrochemical classification of the water and its physiological and therapeutic properties (Nasermoadeli & Kagamimori, 2005; Cheleschi et al., 2020).

Thermal waters are additionally categorized according to temperature and geothermal origin. Beyond their chemical composition, their elevated temperature contributes substantially to therapeutic efficacy by improving hemodynamics, enhancing microcirculation, promoting muscle relaxation, and modulating neuromuscular function. Consequently, thermal therapy combines physicochemical and thermal mechanisms that act synergistically during treatment (Fioravanti et al., 2011; Karagülle & Karagülle, 2022).

Peloids represent complex natural matrices composed of mineral particles, organic matter, and biologically active substances. Their therapeutic properties arise from the combined effects of chemical composition, thermal retention capacity, and mechanical characteristics. Peloid therapy is widely employed in the management of inflammatory disorders, musculoskeletal diseases, degenerative conditions, and rehabilitation programs due to its multifactorial biological effects (Fioravanti et al., 2011; Gálvez et al., 2018).

Therefore, the classification of balneological resources constitutes a fundamental prerequisite for their chemical characterization, mechanistic investigation, clinical standardization, and evidence-based therapeutic application (Cheleschi et al., 2020).

2.2. Chemical Composition of Natural Therapeutic Resources

The biological and clinical potential of natural therapeutic resources is largely determined by their chemical composition, which includes major ions, trace elements, dissolved gases, and biologically active organic compounds. This chemical profile forms the basis for the classification of natural therapeutic resources and largely determines their biological activity and clinical applicability (Cheleschi et al., 2020).

In mineral waters, the dominant ionic composition is primarily represented by calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), sodium (Na^+), bicarbonate (HCO_3^-), sulfate (SO_4^{2-}), and chloride (Cl^-). Variations in the concentration and relative proportions of these ions define both the hydrochemical type of the water and its physiological characteristics. Different ionic profiles are associated with distinct biological responses, influencing electrolyte homeostasis, acid-base balance, metabolic regulation, and cardiovascular function (Gröber et al., 2015; de Baaij et al., 2015; Peacock, 2010).

In addition to major ions, natural waters frequently contain trace elements such as iron (Fe), zinc (Zn), selenium (Se), and iodine (I). Although present at relatively low concentrations, these micronutrients participate in numerous enzymatic, endocrine, immune, and antioxidant processes, thereby contributing to the overall biological activity of mineral waters (Gröber et al., 2015).

Dissolved gases constitute another important component of the chemical profile. Carbon dioxide (CO_2) and hydrogen sulfide (H_2S) are among the most extensively investigated gaseous constituents due to their significant physiological effects. Carbon dioxide promotes vasodilation, improves peripheral circulation, and enhances tissue oxygen delivery, whereas hydrogen sulfide

is currently recognized as an endogenous gaseous signaling molecule (gasotransmitter) involved in vascular regulation, antioxidant defense, and modulation of inflammatory pathways (Kimura, 2020).

The chemical composition of therapeutic muds (peloids) is considerably more complex, consisting of mineral fractions, humic substances, organic compounds, microorganisms, and various bioactive molecules. The interaction of these components contributes to the unique physico-chemical properties of peloids and underlies their diverse biological and therapeutic activities (Cheleschi et al., 2020).

Overall, the chemical composition of natural therapeutic resources provides the molecular basis for their biological effects and represents a critical determinant of their clinical efficacy, standardization, and translational application in modern healthcare (Karagülle & Karagülle, 2022).

2.3. Biological Mechanisms of Action

The biological effects of natural therapeutic resources result from complex interactions among their chemical constituents, physical properties, and physiological responses. Rather than acting through a single mechanism, these resources exert multifactorial biological effects involving numerous molecular pathways and organ systems (Cheleschi et al., 2020).

One of the principal mechanisms involves modulation of inflammatory processes. Numerous studies suggest that mineral waters, thermal waters, and peloids influence inflammatory signaling by regulating cytokine production, reducing oxidative stress, and activating endogenous cellular defense mechanisms. These effects contribute to symptom improvement in chronic inflammatory and degenerative disorders and may partially explain the clinical benefits observed in rehabilitation medicine (Fioravanti et al., 2011; Gálvez et al., 2018).

Natural therapeutic resources also participate in the regulation of metabolic processes. Their chemical constituents influence lipid metabolism, glucose homeostasis, electrolyte balance, mitochondrial function, and energy metabolism, suggesting potential applications in the management of metabolic disorders and chronic non-communicable diseases (Gröber et al., 2015; de Baaij et al., 2015).

Furthermore, several natural therapeutic factors affect neuroendocrine regulation, hormonal homeostasis, cardiovascular function, and neuromuscular activity. Thermal stimulation, combined with chemical and mechanical influences, enhances peripheral circulation, improves tissue oxygenation, facilitates muscle relaxation, and modulates autonomic nervous system activity. Collectively, these responses produce a broad physiological adaptation that supports rehabilitation, functional recovery, and preventive healthcare (Cheleschi et al., 2020; Karagülle & Karagülle, 2022).

The therapeutic effects of natural resources therefore arise from the synergistic interaction of chemical, thermal, mechanical, and biological factors rather than from individual components alone. Understanding these integrated mechanisms is essential for establishing evidence-based clinical protocols and for facilitating the translational integration of natural therapeutic resources into modern personalized and integrative medicine (Woolf, 2008; Rubio et al., 2010; Snyderman & Yoediono, 2021).

3. METHODOLOGICAL APPROACH AND TRANSLATIONAL FRAMEWORK

3.1. Study Design and Methodological Approach

Study Design

The present study was designed as a structured narrative review integrating and critically synthesizing evidence from medical chemistry, biochemistry, balneology, translational medicine, integrative medicine, and public health. The primary objective was to develop a comprehensive conceptual framework describing the translational integration of natural therapeutic resources into contemporary healthcare (Woolf, 2008; Rubio et al., 2010).

Although this study was not conducted as a formal systematic review or meta-analysis, the literature search and selection process followed a structured and transparent methodology inspired by the principles of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020). This approach was adopted to enhance methodological transparency, reproducibility, and scientific rigor while allowing conceptual synthesis across multiple scientific disciplines (Page et al., 2021; National Center for Advancing Translational Sciences, 2024).

Literature Search Strategy

A structured literature search was performed using the following international scientific databases:

- ▲ PubMed/MEDLINE
- ▲ Scopus
- ▲ Web of Science Core Collection
- ▲ ScienceDirect

Supplementary searches were additionally conducted using Google Scholar to identify potentially relevant publications that were not indexed in the primary databases.

The review preferentially included studies published between January 2020 and March 2026, while seminal publications published before 2020 were also incorporated when they provided fundamental theoretical concepts relevant to balneology, medical chemistry, translational medicine, or integrative medicine.

The search strategy combined Medical Subject Headings (MeSH), controlled vocabulary where applicable, and free-text keywords, including:

- ▲ natural therapeutic resources
- ▲ mineral water
- ▲ thermal water
- ▲ balneotherapy
- ▲ therapeutic mud
- ▲ peloids
- ▲ medical chemistry
- ▲ translational medicine
- ▲ integrative medicine
- ▲ rehabilitation
- ▲ precision medicine
- ▲ chemical characterization
- ▲ biological mechanisms

Boolean operators (AND, OR) were applied to optimize database retrieval and ensure comprehensive identification of relevant publications.

Eligibility Criteria

Studies were considered eligible when they fulfilled one or more of the following criteria:

- ▲ investigated the chemical composition or physicochemical characteristics of natural therapeutic resources;
- ▲ described molecular, biochemical, or physiological mechanisms of therapeutic action;
- ▲ evaluated clinical outcomes associated with balneotherapy or other natural therapeutic interventions;
- ▲ addressed translational medicine, integrative medicine, rehabilitation, or public health perspectives;
- ▲ were published in peer-reviewed international scientific journals.
- ▲ Studies were excluded when they:
- ▲ lacked sufficient methodological information;
- ▲ consisted only of conference abstracts, editorials, or letters without complete scientific data;
- ▲ duplicated previously published findings;
- ▲ were not directly relevant to the objectives of the present review.

The overall literature identification strategy used in the present review is summarized in Table 1.

Table 1. Summary of the literature search strategy and eligibility criteria applied in the present structured narrative review.

Database	Representative Search Terms	Publication Period	Language	Document Types
PubMed/ MEDLINE	"natural therapeutic resources", "mineral water", "balneotherapy", "translational medicine", "integrative medicine"	2020–2026*	English	Original articles, reviews, clinical studies
Scopus	"natural therapeutic resources" AND "chemical characterization"; "balneotherapy"; "rehabilitation"	2020–2026*	English	Research articles, reviews
Web of Science Core Collection	"natural therapeutic resources"; "translational medicine"; "biological mechanisms"	2020–2026*	English	Research articles, reviews
ScienceDirect	"mineral water", "thermal water", "peloids", "medical chemistry"	2020–2026*	English	Research articles, reviews
Google Scholar	Supplementary searches using combinations of the above keywords	2020–2026*	English	Additional peer-reviewed literature

* Landmark publications published before 2020 were additionally included when considered fundamental to the theoretical background of balneology, translational medicine, or integrative medicine.

† Google Scholar was used only as a supplementary source to identify additional peer-reviewed publications not retrieved through the primary databases.

Note. The literature search was conducted using predefined keywords and database-specific search strategies. Retrieved publications were screened according to predefined eligibility criteria and subsequently synthesized using a thematic analytical approach. As the present study represents a structured narrative review, the search strategy was designed to maximize comprehensiveness rather than perform a formal systematic review or meta-analysis.

Literature Selection and Data Synthesis

Retrieved publications were systematically screened according to the predefined eligibility criteria through title, abstract, and full-text evaluation. Priority was given to recent high-quality publications presenting mechanistic, translational, or clinical evidence related to natural therapeutic resources.

The selected literature was synthesized using a thematic analytical approach based on five predefined domains:

- ▲ chemical characterization;
- ▲ molecular and biological mechanisms;
- ▲ clinical evidence;
- ▲ translational implementation;
- ▲ public health integration.

Rather than quantitatively pooling results, the objective of the analysis was to integrate evidence from diverse scientific disciplines into a coherent conceptual framework. The thematic synthesis provided the scientific foundation for the development of the proposed Translational-Integrated Framework for Natural Therapeutic Resources, systematically linking chemical characterization, mechanistic evidence, clinical applications, and public health implementation (Woolf, 2008; Rubio et al., 2010).

The literature search was designed to ensure comprehensive coverage of current scientific evidence relevant to the objectives of the present conceptual review. The search strategy was developed collaboratively by the authors and refined iteratively to maximize sensitivity and relevance.

3.2. Translational Medicine Framework

One of the central contributions of the present review is the development of a Translational Medicine Framework illustrating the sequential progression of scientific knowledge from fundamental chemical characterization to evidence-based clinical implementation. The framework follows the classical bench-to-bedside paradigm while incorporating additional public health and integrative medicine dimensions specifically relevant to natural therapeutic resources (Woolf, 2008; Rubio et al., 2010; National Center for Advancing Translational Sciences, 2024).

The proposed translational pathway consists of four interconnected levels:

Chemical Level

Comprehensive characterization of natural therapeutic resources through hydrochemical profiling, including the identification of major ions, trace elements, bioactive metabolites, dissolved gases, organic constituents, and other bioactive compounds responsible for their physicochemical properties.

Biological Level

Investigation of molecular, cellular, and physiological mechanisms underlying therapeutic activity, including inflammatory modulation, oxidative stress regulation, metabolic adaptation, neuroendocrine responses, vascular function, and tissue regeneration.

Clinical Level

Translation of mechanistic evidence into clinical practice through therapeutic validation, optimization of treatment protocols, individualized dosing strategies, rehabilitation medicine, disease prevention, and evidence-based clinical applications.

Public Health Level

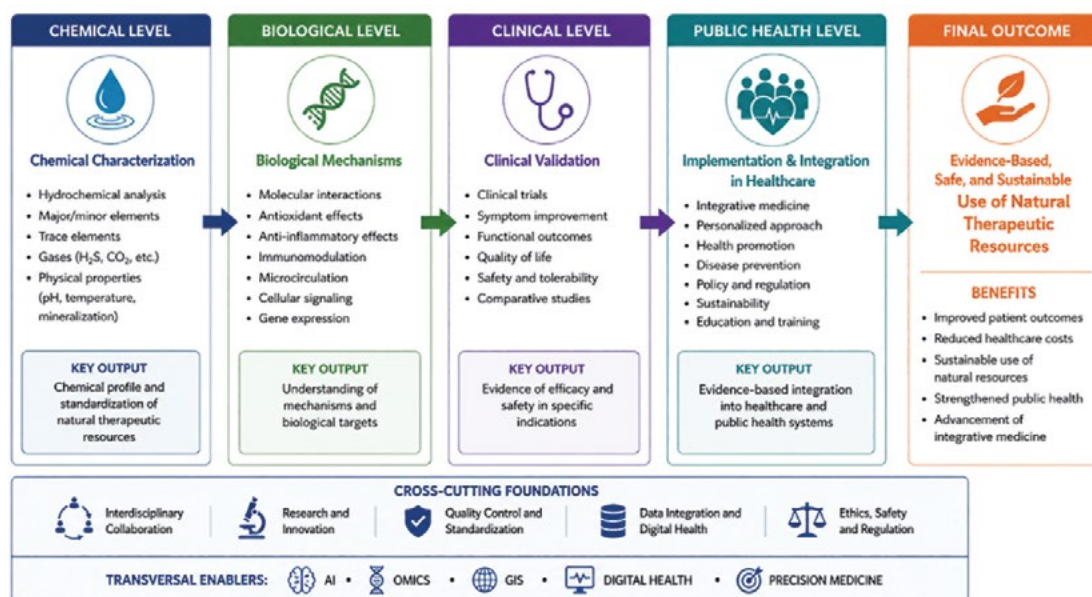
Integration of scientifically validated natural therapeutic resources into healthcare systems as preventive, complementary, and rehabilitation interventions, contributing to population health, health promotion, healthy ageing, and personalized healthcare strategies (World Health Organization, 2013; Snyderman & Yoediono, 2021).

The proposed framework establishes a continuous translational pathway linking laboratory discoveries with clinical implementation and public health practice. By integrating chemical characterization, mechanistic validation, clinical evidence, and healthcare implementation within a single conceptual structure, the model provides a systematic basis for the evidence-based utilization of natural therapeutic resources (Woolf, 2008; National Center for Advancing Translational Sciences, 2024).

The overall Translational-Integrated Framework is presented schematically in Figure 1.

Figure 1. Translational-Integrated Framework for Natural Therapeutic Resources.

Proposed conceptual framework illustrating the translational continuum from the chemical characterization of natural therapeutic resources to their evidence-based clinical and public health implementation. The framework integrates four interconnected domains—Chemical, Biological, Clinical, and Public Health—demonstrating how physicochemical profiling, molecular mechanisms, clinical validation, and healthcare implementation contribute to the standardized and personalized use of natural therapeutic resources.



Source: Authors' conceptual framework based on the reviewed literature.

3.3. Integrated Analytical Approach

The present study employs an integrated analytical approach that combines evidence from multiple scientific disciplines into a unified conceptual framework. This methodology enables natural therapeutic resources to be evaluated not only according to their individual chemical constituents but also through the synergistic interactions among their chemical, biological, physical, and clinical characteristics (Cheleschi et al., 2020; Karagülle & Karagülle, 2022).

The integrated analysis incorporates several complementary components:

- ▲ correlation between chemical profiles and biological mechanisms of action;
- ▲ comparative evaluation of clinical outcomes associated with different categories of natural therapeutic resources;
- ▲ assessment of interactions between conventional medical therapies and natural therapeutic interventions;
- ▲ identification of current knowledge gaps and translational barriers limiting evidence-based clinical implementation.

Considering the inherently complex nature of natural therapeutic resources, where multiple physicochemical factors simultaneously contribute to biological responses, an interdisciplinary analytical perspective is essential. Such an approach facilitates a more comprehensive understanding of therapeutic mechanisms and supports the development of standardized clinical protocols based on robust scientific evidence.

Furthermore, the integrated analytical strategy provides the methodological foundation for the proposed Translational-Integrated Framework, enabling systematic integration of chemical characterization, mechanistic evidence, clinical validation, personalized medicine, and public health implementation. By bridging traditionally separate scientific disciplines, the framework strengthens the evidence base supporting the incorporation of natural therapeutic resources into modern translational and integrative medicine (Woolf, 2008; Rubio et al., 2010; Snyderman & Yoediono, 2021).

4. RESULTS AND ANALYSIS

4.1. Chemical Profile and Biological Effects

The chemical composition of natural therapeutic resources represents one of the principal determinants of their biological activity. The concentration and interaction of major ions, trace elements, dissolved gases, and bioactive organic compounds collectively influence a wide range of physiological responses at both the cellular and systemic levels (Cheleschi et al., 2020; Fioravanti et al., 2011).

Magnesium-rich (Mg^{2+}) mineral waters are associated with stabilization of the nervous system, reduction of muscle spasms, and stress-relieving effects. These biological activities can be attributed to magnesium's role as a cofactor in more than 300 enzymatic reactions. Magnesium participates in ATP-dependent biochemical processes, neuromuscular transmission, calcium channel regulation, and modulation of N-methyl-D-aspartate (NMDA) receptors, thereby contributing to neuronal stability and muscle function (Gröber et al., 2015; de Baaij et al., 2015).

Calcium-containing (Ca^{2+}) mineral waters play a fundamental role in bone metabolism and intracellular signaling. Calcium is essential for skeletal mineralization, muscle contraction, neurotransmitter release, and numerous intracellular signaling pathways. Consequently, calcium-rich waters may contribute to the maintenance of bone homeostasis and the regulation of osteometabolic processes (Peacock, 2010).

Sodium (Na^+) and chloride (Cl^-) ions are essential regulators of osmotic balance, extracellu-

lar fluid volume, and electrolyte homeostasis. Their physiological functions provide the rationale for the therapeutic application of sodium-rich mineral waters in selected metabolic and hydro-electrolytic disorders (Nasermoaddeh & Kagamimori, 2005).

Dissolved gases also exert important biological effects. Carbon dioxide (CO₂)-rich mineral waters improve peripheral blood circulation, enhance microvascular perfusion, and promote vasodilation through local pH alterations and endothelial responses. These mechanisms contribute to improved tissue oxygenation and cardiovascular function (Fioravanti et al., 2011).

Hydrogen sulfide (H₂S) has emerged as one of the most extensively investigated gaseous signaling molecules (gasotransmitters) in modern physiology. It participates in vascular regulation, modulation of inflammatory responses, and protection against oxidative stress. Its biological activity has been associated with regulation of the NF-κB signaling pathway, enhancement of endogenous antioxidant defenses, and suppression of pro-inflammatory cytokine production (Kimura, 2020).

In therapeutic muds (peloids), clinical efficacy results from the synergistic interaction between thermal and chemical factors. Their mineral, organic, and biologically active components have been associated with induction of heat shock proteins, downregulation of pro-inflammatory cytokines, modulation of pain pathways, and stimulation of tissue repair and regeneration (Gálvez et al., 2018; Cheleschi et al., 2020).

Collectively, these findings demonstrate that the chemical profile of natural therapeutic resources constitutes the molecular basis of their biological and clinical effects. Consequently, comprehensive chemical characterization represents a prerequisite for their evidence-based translational implementation and clinical standardization (Karagülle & Karagülle, 2022). The principal chemical constituents, proposed biological mechanisms, and potential clinical relevance of natural therapeutic resources are summarized in Table 2.

Table 2. Major Chemical Constituents of Natural Therapeutic Resources, Their Biological Mechanisms, Clinical Relevance, Level of Evidence, and Representative References

Chemical Component / Factor	Primary Biological Mechanisms	Potential Clinical Relevance	Level of Evidence*	Representative References
Magnesium (Mg²⁺)	ATP-dependent enzymatic activity; NMDA receptor modulation; neuromuscular regulation	Stress reduction; muscle relaxation; neuromuscular stabilization	Moderate–High	de Baaij et al., 2015; Gröber et al., 2015; Costello et al., 2016
Calcium (Ca²⁺)	Intracellular signaling; bone metabolism; neurotransmitter release	Bone health support; osteometabolic regulation	High	Peacock, 2010; Ross et al., 2011
Sodium (Na⁺)/ Chloride (Cl⁻)	Osmotic balance; extracellular fluid regulation	Electrolyte homeostasis; metabolic support	Moderate	Verbalis et al., 2013

Bicarbonate (HCO₃⁻)	Acid–base buffering; modulation of gastric secretion	Gastrointestinal functional support	Moderate	
Sulfate (SO₄²⁻)	Detoxification pathways; digestive stimulation	Hepatobiliary and digestive support	Low–Moderate	Nasermoaddeh & Kagamimori, 2005
Carbon Dioxide (CO₂)	Vasodilation; enhancement of microcirculation	Cardiovascular rehabilitation; peripheral circulation improvement	Moderate–High	Forestier et al., 2014
Hydrogen Sulfide (H₂S)	NF-κB modulation; antioxidant signaling; anti-inflammatory effects	Anti-inflammatory therapy; vascular protection	Moderate	Wang, 2012; Kimura, 2020; Szabó, 2017
Trace Elements (Zn, Se, Fe, I)	Enzymatic cofactor activity; endocrine and immune regulation	Endocrine support; immune modulation	High	Prasad, 2013
Peloid Mineral Fraction	Thermal retention; mineral transfer; enhancement of local circulation	Pain reduction; musculoskeletal rehabilitation	Moderate	Fioravanti et al., 2011
Peloid Organic Fraction	Cytokine modulation; heat shock protein induction	Anti-inflammatory effects; tissue regeneration	Moderate	Gálvez et al., 2018

Evidence levels were qualitatively assigned based on the consistency, methodological quality, and overall strength of currently available mechanistic, preclinical, translational, and clinical evidence. The proposed classification is intended solely for conceptual comparison and does not represent a formal evidence grading system (e.g., GRADE).

4.2. From Biological Mechanisms to Clinical Applications

The biological mechanisms underlying the activity of natural therapeutic resources are directly reflected in their clinical applications. These resources are widely incorporated into rehabilitation medicine, particularly in the management of chronic diseases and functional disorders (Karagülle & Karagülle, 2022).

Mineral waters have demonstrated therapeutic value in the management of functional gastrointestinal disorders, metabolic syndrome, and selected endocrine conditions. Similarly, thermal waters and therapeutic muds are extensively applied in the treatment of musculoskeletal diseases, including osteoarthritis and inflammatory arthropathies, where their thermal, chemical, and mechanical effects act synergistically to reduce pain, improve mobility, and enhance functional recovery (Fioravanti et al., 2011; Cheleschi et al., 2020).

Natural therapeutic resources also play an increasingly important role in preventive medicine. Their application has been associated with stress reduction, immune support, improvement

of general well-being, and promotion of healthy aging. These preventive effects are particularly relevant within contemporary healthcare systems that increasingly emphasize disease prevention, health promotion, and patient-centered care (World Health Organization, 2013; Snyderman & Yoediono, 2021).

Current scientific evidence indicates that the strongest clinical support exists for the use of natural therapeutic resources in musculoskeletal rehabilitation, chronic pain management, and functional metabolic disorders. Nevertheless, growing interest has also emerged regarding their preventive and wellness-oriented applications. Despite these promising findings, further standardized, high-quality clinical trials are required to strengthen the evidence base supporting their broader implementation in evidence-based medicine (Karagülle & Karagülle, 2022).

4.3. Translational Links and Current Gaps

Despite substantial progress in understanding the chemistry and biology of natural therapeutic resources, their translation into standardized clinical practice remains incomplete. One of the major challenges is the lack of standardized classification and characterization systems, which complicates comparisons among studies and limits the development of universally accepted clinical recommendations (Cheleschi et al., 2020).

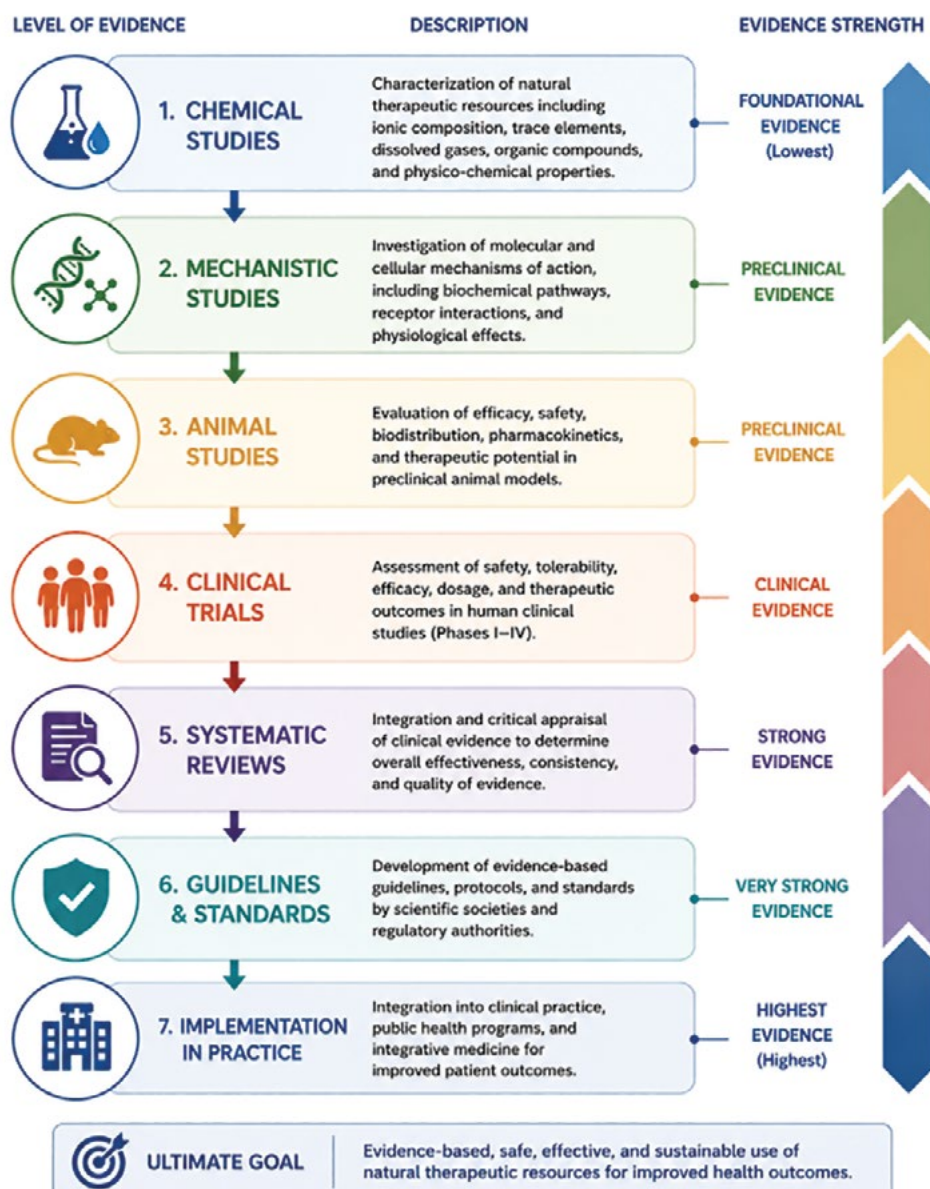
Another important limitation concerns therapeutic dosing. The biological and clinical effects of natural therapeutic resources depend not only on their chemical composition but also on treatment duration, administration protocols, exposure conditions, and individual patient characteristics. Considerable heterogeneity among existing clinical studies further complicates the interpretation of available evidence (Karagülle & Karagülle, 2022).

A significant translational barrier also exists between basic scientific research and clinical implementation. Although numerous chemical and biochemical investigations have identified molecular mechanisms underlying the biological activity of natural therapeutic resources, these findings are only rarely translated into standardized clinical protocols or evidence-based therapeutic guidelines. Conversely, clinical observations are frequently disconnected from detailed mechanistic investigations, limiting the development of scientifically validated therapeutic strategies (Woolf, 2008; Rubio et al., 2010).

Collectively, these limitations highlight the urgent need for standardized translational frameworks capable of integrating chemical characterization, mechanistic validation, clinical evidence, and healthcare implementation. Addressing these translational gaps will be essential for establishing natural therapeutic resources as evidence-based components of modern integrative and personalized medicine (Topol, 2019; Snyderman & Yoediono, 2021).

Figure 2. Evidence Landscape for the Clinical Translation of Natural Therapeutic Resources.

Conceptual illustration of the evidence continuum supporting the translational integration of natural therapeutic resources into modern healthcare. The framework depicts the sequential progression from hydrochemical characterization and mechanistic investigations through pre-clinical validation, clinical research, systematic evidence synthesis, and guideline development to evidence-based clinical implementation. The model emphasizes that successful translation from bench to bedside requires standardized chemical characterization, high-quality mechanistic and clinical evidence, multidisciplinary collaboration, and personalized therapeutic strategies to achieve safe, effective, and sustainable integration into healthcare systems.



The figure was developed by the authors based on the conceptual synthesis of the reviewed literature.

5. INTEGRATIVE MEDICINE MODEL

5.1. Concept of Integrative Medicine and the Proposed Translational-Integrated Framework

Modern healthcare is increasingly founded on a patient-centered paradigm that integrates disease treatment, prevention, rehabilitation, and the promotion of long-term health and well-being. Within this context, integrative medicine represents an evidence-informed approach that combines conventional medical practice with scientifically validated complementary therapeutic interventions to address the individual needs of patients through personalized and holistic care (World Health Organization, 2013; Snyderman & Yoediono, 2021).

The effective incorporation of natural therapeutic resources into contemporary healthcare requires a translational framework capable of systematically linking chemical characterization, biological mechanisms, clinical evidence, and healthcare implementation. Although substantial

progress has been achieved in understanding the chemistry and biological activity of natural therapeutic resources, the translation of this knowledge into standardized clinical practice remains fragmented (Woolf, 2008; Rubio et al., 2010).

To address this challenge, the present study proposes a novel Translational-Integrated Framework for Natural Therapeutic Resources, designed to bridge fundamental research with evidence-based clinical implementation (National Center for Advancing Translational Sciences, 2024). The proposed model consists of four interconnected levels:

1. Chemical Level – comprehensive characterization of natural therapeutic resources through analysis of their ionic composition, trace element profile, dissolved gases, and bioactive constituents.

2. Biological Level – investigation of molecular, cellular, and physiological mechanisms responsible for therapeutic activity, including inflammatory modulation, metabolic regulation, oxidative stress responses, vascular function, and neuroendocrine signaling.

3. Clinical Level – translation of mechanistic evidence into clinical practice through therapeutic validation, optimization of treatment protocols, individualized dosing strategies, and development of standardized clinical guidelines.

4. Public Health Level – implementation of scientifically validated natural therapeutic resources into preventive medicine, rehabilitation programs, personalized healthcare, and sustainable public health strategies (World Health Organization, 2013).

Unlike conventional reductionist approaches that evaluate isolated chemical constituents, the proposed framework is based on the concept that the therapeutic efficacy of natural therapeutic resources arises from the synergistic interaction of their chemical, physical, and biological properties. Consequently, their evaluation should integrate biomedical, biochemical, environmental, and biopsychosocial perspectives within a unified translational model (Cheleschi et al., 2020; Karagülle & Karagülle, 2022).

By establishing systematic links between laboratory discoveries and clinical implementation, this framework provides a conceptual foundation for the scientific standardization and evidence-based integration of natural therapeutic resources into modern healthcare systems (Woolf, 2008; Rubio et al., 2010).

5.2. Practical and Regional Significance of the Proposed Model

The proposed Translational-Integrated Framework provides a comprehensive conceptual basis for the scientific validation, standardization, and clinical implementation of natural therapeutic resources (Karagülle & Karagülle, 2022). Its application has the potential to strengthen both research methodologies and evidence-based healthcare practices by facilitating:

- ▲ systematic chemical and biological characterization of natural therapeutic resources;
- ▲ development of standardized, evidence-based clinical protocols;
- ▲ promotion of interdisciplinary collaboration among chemists, biochemists, clinicians, environmental scientists, and public health specialists;
- ▲ advancement of personalized, preventive, and rehabilitation-oriented therapeutic strategies;
- ▲ integration of natural therapeutic resources into modern healthcare systems through evidence-based translational medicine.

Beyond its scientific value, the proposed framework has particular relevance for regions possessing abundant balneological resources. Countries rich in mineral waters, thermal springs, therapeutic muds, and other natural therapeutic factors have unique opportunities to translate

their natural assets into evidence-based healthcare innovations, sustainable medical tourism, and regional health development (World Health Organization, 2013).

This perspective is especially relevant to the Caucasus region, where exceptional geological diversity has resulted in a remarkable concentration of natural therapeutic resources. The systematic implementation of the proposed framework may support not only scientific research and clinical innovation but also public health promotion, regional economic development, and the sustainable utilization of natural therapeutic resources.

Ultimately, the proposed model provides a platform for future interdisciplinary research aimed at establishing internationally harmonized standards for the characterization, clinical evaluation, and translational implementation of natural therapeutic resources within the framework of personalized and integrative medicine (Topol, 2019; Snyderman & Yoediono, 2021).

6. DISCUSSION

The findings presented in this review demonstrate that natural therapeutic resources possess considerable potential for application in modern healthcare. However, their effective integration into evidence-based clinical practice remains constrained by several scientific and practical challenges. The remarkable diversity of their chemical composition and biological activity simultaneously provides broad therapeutic opportunities while creating significant difficulties in terms of standardization, therapeutic dosing, reproducibility, and optimization of clinical implementation (Cheleschi et al., 2020; Karagülle & Karagülle, 2022).

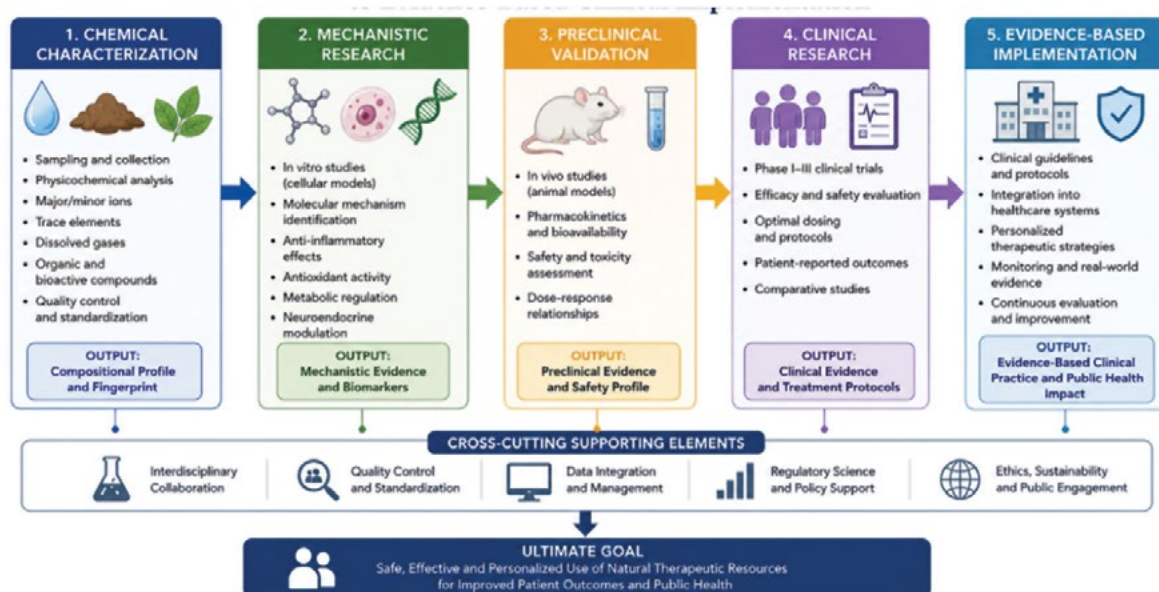
One of the principal limitations is the intrinsic heterogeneity of natural therapeutic resources, which results from differences in geological origin, hydrochemical conditions, environmental factors, and local ecological characteristics. This variability complicates the establishment of standardized quality criteria, limits the comparability of clinical studies, and hinders the development of universally accepted therapeutic recommendations. Consequently, the existing body of evidence often remains insufficient for the formulation of high-level evidence-based clinical guidelines (Karagülle & Karagülle, 2022).

From the perspective of translational medicine, one of the major barriers is the incomplete linkage between molecular mechanisms and clinical outcomes. Although numerous chemical and biochemical investigations have significantly improved our understanding of the mechanisms underlying the biological activity of natural therapeutic resources, these discoveries are only rarely translated into standardized therapeutic protocols or clinical decision-making algorithms. This observation indicates that an integrated translational pipeline, capable of systematically connecting chemical characterization, mechanistic validation, and evidence-based clinical implementation, has not yet been fully established (Woolf, 2008; Rubio et al., 2010).

The current evidence landscape underpinning the translational implementation of natural therapeutic resources is summarized in Figure 3.

Figure 3. Evidence Landscape for the Clinical Translation of Natural Therapeutic Resources.

Hierarchical representation of the current evidence continuum supporting the clinical implementation of natural therapeutic resources. The framework illustrates the progression from fundamental chemical studies through mechanistic and preclinical investigations, clinical trials, systematic reviews, clinical guidelines, and evidence-based healthcare implementation. The figure highlights the increasing strength of scientific evidence required for successful translational integration and emphasizes existing knowledge gaps that should be addressed through future multidisciplinary research.



The figure was developed by the authors based on the conceptual synthesis of the reviewed literature.

Bridging these translational gaps requires stronger interdisciplinary collaboration among chemists, biochemists, clinicians, balneologists, environmental scientists, and public health experts. Only through such multidisciplinary cooperation can natural therapeutic resources be systematically characterized, scientifically validated, and effectively incorporated into evidence-based healthcare (Woolf, 2008).

Within the framework of integrative medicine, natural therapeutic resources appear particularly promising for the advancement of personalized medicine (Topol, 2019; Snyderman & Yoediono, 2021). Future therapeutic strategies may allow the selection of specific balneological interventions according to individual metabolic, endocrine, inflammatory, and functional profiles. Such precision-based approaches could substantially improve treatment efficacy while enhancing patient-centered care and therapeutic individualization.

Particular attention should be directed toward regions characterized by exceptional diversity and abundance of natural therapeutic resources, including the Caucasus region and Georgia. Owing to their unique geological, hydrochemical, and bioclimatic characteristics, these regions represent valuable natural laboratories for translational balneological research. Nevertheless, realizing this scientific and clinical potential requires the integration of advanced analytical and digital technologies, including high-resolution chemical profiling, molecular biochemical analyses, geographic information systems (GIS), artificial intelligence (AI), spatial modeling, and multi-omics approaches (Topol, 2019).

The Translational-Integrated Framework proposed in the present study may therefore be considered a promising conceptual model that systematically connects the chemical, biological, clinical, and public health dimensions of natural therapeutic resources. Beyond addressing current translational gaps, the framework provides a scientific basis for the development of standardized clinical protocols, personalized therapeutic strategies, and future interdisciplinary research (Rubio et al., 2010; National Center for Advancing Translational Sciences, 2024).

The principal challenges, scientific implications, and future research priorities are summarized in Table 3.

Table 3. Current Challenges, Scientific Implications, and Future Directions for the Translational Integration of Natural Therapeutic Resources

Current Challenges	Scientific / Practical Implications	Future Directions / Proposed Solutions
Resource heterogeneity	Variable chemical composition limits reproducibility and comparability across studies	Development of standardized classification systems, harmonized chemical profiling, and international reference databases
Lack of compositional standardization	Difficulty establishing therapeutic dosing and clinical protocols	Standardized analytical protocols, ISO-based quality control, and certified reference materials
Insufficient mechanistic evidence	Weak linkage between chemical composition and biological effects	Advanced in vitro/in vivo studies, molecular pathway analysis, multi-omics integration (genomics, proteomics, metabolomics)
Limited high-quality clinical trials	Reduced evidence base for clinical guidelines	Large-scale multicenter randomized controlled trials (RCTs), long-term follow-up studies, and international clinical registries
Fragmented translational pipeline	Inefficient transfer of laboratory findings into clinical practice	Integrated translational research frameworks linking chemistry, biology, clinical medicine, and public health
Weak interdisciplinary collaboration	Limited communication among chemists, clinicians, balneologists, and environmental scientists	Multidisciplinary research consortia, international collaborative networks, and shared data platforms
Lack of personalized treatment algorithms	Uniform treatment protocols may reduce therapeutic effectiveness	Precision balneology, biomarker-guided therapy, and patient-specific treatment algorithms
Underutilization of digital technologies	Missed opportunities for prediction, monitoring, and clinical decision support	AI-assisted chemical profiling, GIS-based spatial analysis, machine learning, digital health platforms, and digital twins
Regulatory and policy gaps	Limited incorporation into national healthcare systems	Development of evidence-based regulatory frameworks, international clinical guidelines, and health policy integration
Limited biomarker validation	Limited ability to predict individual therapeutic response, monitor treatment efficacy, and optimize patient selection	Biomarker-guided precision balneology, validation of predictive biomarkers, integration with multi-omics profiling, and personalized therapeutic decision-making
Current Challenges	Scientific / Practical Implications	Future Directions / Proposed Solutions

Future translational research should also focus on validating predictive biomarkers that may facilitate patient stratification and precision balneology.

Future Perspectives. Future research should focus on the integration of artificial intelligence, multi-omics technologies, biomarker-guided therapeutic strategies, precision balneology, and digital twin models into the investigation and clinical implementation of natural therapeutic resources. These emerging technologies have the potential to improve chemical characterization, predict therapeutic responses, optimize personalized treatment protocols, and strengthen evidence-based decision-making in translational and integrative medicine (Topol, 2019).

The principal strength of the present review lies in the integration of medical chemistry, balneology, translational medicine, integrative medicine, and public health within a single conceptual framework. Unlike conventional narrative reviews focusing primarily on clinical outcomes, the proposed model systematically links chemical characterization with biological mechanisms and evidence-based implementation, thereby providing a multidisciplinary perspective for future research and healthcare policy.

6.1. Limitations of the Current Evidence Base

Despite the comprehensive analysis presented in this review, several limitations of the current evidence base should be acknowledged. Considerable heterogeneity exists not only in the chemical composition of natural therapeutic resources but also in study design, analytical methodologies, and clinical protocols, making direct comparisons among studies challenging and limiting the formulation of universally applicable clinical recommendations (Karagülle & Karagülle, 2022).

Furthermore, many published clinical investigations involve relatively small sample sizes, insufficient methodological standardization, heterogeneous therapeutic interventions, and variable outcome measures, thereby restricting the generalizability of their findings. Likewise, numerous mechanistic hypotheses proposed in experimental studies still require rigorous validation through well-designed laboratory investigations and high-quality clinical trials (Cheleschi et al., 2020).

Accordingly, the Translational-Integrated Framework proposed in the present study should be regarded as a **conceptual model** rather than a definitive clinical guideline. Its further refinement and validation will require multicenter, standardized, and evidence-based investigations integrating chemical, molecular, clinical, and public health research (Woolf, 2008).

Another limitation is that the proposed framework has not yet undergone prospective clinical validation and should therefore be considered a conceptual model requiring future empirical testing.

7. CONCLUSIONS

Natural therapeutic resources represent an important and multifaceted component of modern healthcare whose therapeutic potential is fundamentally determined by their unique chemical composition and diverse biological activities. The present review demonstrates that their effective and safe implementation requires the integrated evaluation of chemical, biological, clinical, and public health evidence within a unified translational framework (Woolf, 2008; Karagülle & Karagülle, 2022).

This study proposes a novel Translational-Integrated Framework that provides a systematic scientific basis for the characterization, standardization, validation, and evidence-based integration of natural therapeutic resources into contemporary healthcare systems. By establishing a continuous pathway from chemical profiling through mechanistic validation and clinical application to public health implementation, the framework addresses critical gaps between funda-

mental research and clinical practice (Rubio et al., 2010).

The proposed approach is particularly relevant for regions rich in balneological resources, including the Caucasus region, where natural therapeutic factors represent valuable scientific, medical, and socioeconomic assets. Their sustainable utilization requires interdisciplinary collaboration, standardized analytical methodologies, and evidence-based clinical validation (World Health Organization, 2013).

Future research should prioritize large-scale standardized clinical trials, further mechanistic validation, and the integration of advanced analytical, digital, and personalized medicine technologies, including artificial intelligence, GIS-based spatial analysis, multi-omics platforms, and digital health tools to strengthen the translational implementation of natural therapeutic resources in evidence-based healthcare (Topol, 2019).

The proposed framework may serve as a reference model for future translational research, international standardization, and evidence-based implementation of natural therapeutic resources within precision and integrative medicine. Beyond its conceptual contribution, the proposed framework may facilitate future international standardization efforts, interdisciplinary collaboration, and the development of evidence-based clinical guidelines for the safe and personalized implementation of natural therapeutic resources.

REFERENCES

1. Cheleschi, S., Tenti, S., Seccafico, I., Gálvez, I., Ortega, E., & Fioravanti, A. (2020). A comprehensive analysis to understand the mechanism of action of balneotherapy: Why, how, and where they can be used? *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 127, 110205. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110205>
2. Costello, R. B., Elin, R. J., Rosanoff, A., Wallace, T. C., Guerrero-Romero, F., Hraby, A., Lutsey, P. L., Nielsen, F. H., Rodriguez-Moran, M., Song, Y., & Van Horn, L. V. (2016). Perspective: The case for an evidence-based reference interval for serum magnesium: The time has come. *Advances in Nutrition*, 7(6), 977–993. <https://doi.org/10.3945/an.116.012765>
3. de Baaij, J. H. F., Hoenderop, J. G. J., & Bindels, R. J. M. (2015). Magnesium in man: Implications for health and disease. *Physiological Reviews*, 95(1), 1–46. <https://doi.org/10.1152/physrev.00012.2014>
4. Fioravanti, A., Cantarini, L., Guidelli, G. M., & Galeazzi, M. (2011). Mechanisms of action of spa therapies in rheumatic diseases: What scientific evidence is there? *Nature Reviews Rheumatology*, 7(10), 569–578. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2011.105>
5. Forestier, R., Desfour, H., Tessier, J. M., Francon, A., Foote, A. M., Genty, C., & Rolland, C. (2010). Spa therapy in the treatment of knee osteoarthritis: A large randomised multicentre trial. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 69(4), 660–665. <https://doi.org/10.1136/ard.2009.113209>
6. Gálvez, I., Torres-Piles, S., & Ortega, E. (2018). Balneotherapy, immune system, and stress response: A hormetic strategy? *International Journal of Molecular Sciences*, 19(6), 1687. <https://doi.org/10.3390/ijms19061687>
7. Gröber, U., Schmidt, J., & Kisters, K. (2015). Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*, 7(9), 8199–8226. <https://doi.org/10.3390/nu7095388>
8. Kamioka, H., Tsutani, K., Okuizumi, H., Mutoh, Y., Ohta, M., Handa, S., Okada, S., Kitayuguchi, J., Kamada, M., & Honda, T. (2010). Effectiveness of aquatic exercise and balneotherapy: A summary of systematic reviews based on randomized controlled trials. *BMC Public Health*, 10, 199. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-199>
9. Karagülle, M., & Karagülle, M. Z. (2022). Scientific evidence in balneotherapy and spa ther-

- apy: State of the art. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 48, 101615. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2022.101615>
10. Kimura, H. (2020). Signaling molecules: Hydrogen sulfide and polysulfide. *Antioxidants & Redox Signaling*, 32(1), 1–4. <https://doi.org/10.1089/ars.2019.7909>
 11. Nasermoaddeli, A., & Kagamimori, S. (2005). Balneotherapy in medicine: A review. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 10(4), 171–179. <https://doi.org/10.1007/BF02897707>
 12. National Center for Advancing Translational Sciences. (2024). Translational science principles. National Institutes of Health. <https://ncats.nih.gov/about/about-translational-science/principles>
 13. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
 14. Peacock, M. (2010). Calcium metabolism in health and disease. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 5(Suppl. 1), S23–S30. <https://doi.org/10.2215/CJN.05910809>
 15. Prasad, A. S. (2013). Discovery of human zinc deficiency: Its impact on human health and disease. *Advances in Nutrition*, 4(2), 176–190. <https://doi.org/10.3945/an.112.003210>
 16. Ross, A. C., Taylor, C. L., Yaktine, A. L., & Del Valle, H. B. (Eds.). (2011). *Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13050>
 17. Rubio, D. M., Schoenbaum, E. E., Lee, L. S., Schteingart, D. E., Marantz, P. R., Anderson, K. E., Platt, L. D., Baez, A., & Esposito, K. (2010). Defining translational research: Implications for training. *Academic Medicine*, 85(3), 470–475. <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e3181ccd618>
 18. Snyderman, R., & Yoediono, Z. (2021). Prospective care: A personalized, preventative approach to medicine. *Biology of Medicine*, 13, 1–6.
 19. Szabó, C. (2017). Hydrogen sulfide, an enhancer of vascular homeostasis. *Nature Reviews Drug Discovery*, 16(9), 577–578. <https://doi.org/10.1038/nrd.2017.130>
 20. Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44–56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
 21. Verbalis, J. G., Goldsmith, S. R., Greenberg, A., Korzelius, C., Schrier, R. W., Sterns, R. H., & Thompson, C. J. (2013). Diagnosis, evaluation, and treatment of hyponatremia: Expert panel recommendations. *The American Journal of Medicine*, 126(10 Suppl. 1), S1–S42. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2013.07.006>
 22. Wang, R. (2012). Physiological implications of hydrogen sulfide: A whiff exploration that blossomed. *Physiological Reviews*, 92(2), 791–896. <https://doi.org/10.1152/physrev.00017.2011>
 23. World Health Organization. (2013). *WHO traditional medicine strategy: 2014–2023*. World Health Organization.
 24. Woolf, S. H. (2008). The meaning of translational research and why it matters. *JAMA*, 299(2), 211–213. <https://doi.org/10.1001/jama.2007.26>

SUPPLEMENTARY MATERIAL

Supplementary Table S1. Literature Search Strategy Used in the Present Review

This supplementary table summarizes the literature search strategy applied in the present structured narrative review. The search was designed to ensure comprehensive identification of peer-reviewed evidence relevant to natural therapeutic resources, medical chemistry, balneology, translational medicine, integrative medicine, and public health.

Database	Search Terms (examples)	Publication Years	Language	Document Type
PubMed/MEDLINE	"natural therapeutic resources" AND balneotherapy; "mineral water"; "thermal water"; "peloids"; "translational medicine"; "integrative medicine"; "medical chemistry"	2020–2026*	English	Original research articles, systematic reviews, narrative reviews, clinical trials
Scopus	"balneotherapy"; "spa therapy"; "mineral water therapy"; "chemical characterization"; "rehabilitation"; "precision medicine"	2020–2026*	English	Peer-reviewed journal articles and reviews
Web of Science Core Collection	"natural therapeutic resources"; "balneology"; "translational medicine"; "integrative medicine"; "clinical implementation"	2020–2026*	English	Original articles and review papers
ScienceDirect	"thermal waters"; "peloids"; "hydrogen sulfide"; "medical chemistry"; "rehabilitation"; "public health"	2020–2026*	English	Research articles and review articles
Google Scholar	Supplementary searches using combinations of the above keywords to identify additional publications, books, guidelines, and institutional reports	2020–2026*	English	Articles, books, reports, policy documents

Search Strategy

The search strategy combined Medical Subject Headings (MeSH), database-specific indexing terms, and free-text keywords. Boolean operators (**AND**, **OR**) were applied to optimize search sensitivity and specificity. Reference lists of highly relevant review articles were additionally screened to identify eligible publications that were not retrieved during the primary database searches.

Eligibility Criteria

Studies were considered eligible if they:

- ▲ investigated the chemical composition of natural therapeutic resources;
- ▲ described molecular or biological mechanisms of therapeutic action;
- ▲ evaluated clinical outcomes associated with balneotherapy or natural therapeutic resources;
- ▲ addressed translational medicine or integrative medicine approaches;
- ▲ were published in peer-reviewed international journals.

Studies were excluded if they:

- ▲ lacked sufficient methodological information;
- ▲ were conference abstracts without full-text publication;
- ▲ duplicated previously published data;
- ▲ were not directly relevant to the objectives of the present review.

Note

The literature search primarily included publications published between January 2020 and March 2026. Earlier landmark publications were additionally incorporated when considered essential for understanding the historical development of balneology, medical chemistry, translational medicine, or integrative medicine.

The Impact of Artificial Intelligence and Digitalization on the Georgian Healthcare Employment Market in 2027-2030

PROFESSOR KAKHABER DJAKELI

University of Georgia, Georgia

k.jakeli@ug.edu.ge

<https://orcid.org/0000-0001-7505-5653>

ABSTRACT

The topic of our research is the employment market in Georgian healthcare with artificial intelligence and digital migration in mind. Artificial intelligence plus machine learning are fields of computer science in which you create systems that learn from data. Artificial intelligence and digital services are widely used in the healthcare sector, from automated daily operations to decision-making. The paper explains how these technologies are changing the employment market. Artificial intelligence and digitalization will drive the development of the healthcare industry. Technology will have a substantial impact on the Georgian medical labor market in 2027-2030. What place will physical actions, talent, and education have in the healthcare sector? Since artificial intelligence/machine learning has penetrated the healthcare industry, jobs are changing, and many will disappear while new ones are created. Healthcare, in particular, has been at the forefront of that technological progress, using AI/machine learning to expand remote healthcare services, medical diagnostics, and hospital systems.

The market for AI skills in healthcare is growing at 6 times the rate of any other sector. However, the introduction of AI/machine learning will require the digitization of work and the displacement of some employees. Today, the largest industry affected by the AI/machine learning revolution is healthcare. Hospitals and clinics are using them to improve their performance. The skills required by employers will change – more data analysis, programming, and analytical reasoning skills.

AI/machine learning will also automate many tasks, making many employees unemployed. Medical AI/Machine Learning Engineers, Data Scientists, and Algorithmic Engineers will replace many fields. To adapt to these changes, employees will need to develop a variety of skills, including technical expertise, creativity, and social intelligence.

The research that was conducted is of two types: expert opinion and literature review. The research indicates that we need to prepare to educate a new type of healthcare professional.

KEYWORDS: health market, employment, artificial intelligence, digital migration

INTRODUCTION

Artificial intelligence (AI) and digitalization are transforming the global economy at an accelerating, unstoppable pace, with major changes expected across all sectors, especially in healthcare. Between 2027 and 2030, digital technologies and the artificial intelligence associated with them are expected to transform medical care systems. But what will this transformation be like, and will it really improve patient care? If it encourages greater process efficiency, it would completely change the nature of employment in the healthcare sector. In principle, the transformations can occur together and encompass both directions. But it is likely that if artificial intelligence in healthcare encourages the business efficiency of the system itself, and this is done precisely by saving and reducing costs, then healthcare specialists will be partially replaced. Accordingly, we can have 3 hypotheses:

Hypothesis 1: Artificial intelligence is being introduced into healthcare precisely to improve the efficiency of the medical business model; therefore, it will revalue many roles, create new opportunities, and require employees to develop new technical and interpersonal skills.

Hypothesis 2: Artificial intelligence will lead to greater operational efficiency in healthcare and will completely change the nature of employment in the healthcare sector.

Hypothesis 3: Artificial intelligence and digital technologies will result in increased functional efficiency in healthcare, the emergence of new patient needs and the pursuit of their full satisfaction, and this will completely change the nature of employment in the healthcare sector.

To investigate these hypotheses, we use secondary research – which belongs to the descriptive research design, which is expressed in the fact that we will retrieve and analytically read the scientific articles and books that have been published in the last five years, and that can be tracked in the global search engine and international scientific library called Google Scholar.

1. ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITAL TECHNOLOGIES THAT ARE TRANSFORMING HEALTH CARE SYSTEMS

Many scientific articles suggest that healthcare is entering the fourth industrial revolution. Unlike previous technological changes that primarily improved medical equipment or hospital infrastructure, artificial intelligence is fundamentally changing how healthcare knowledge is created, interpreted, and used (Jiang et al., 2017).

Healthcare today faces exceptional challenges: These include an aging population, epidemics of chronic diseases, a shortage of doctors and nurses, rising healthcare costs, and administrative complexity (Gigauri & Djakeli, 2021), workforce burnout and the growing demand to move from mass medicine to individualized medicine (Shaheen, 2021).

In this regard, the information revolution (Koski & Murphy, 2021), which has created new tools, has great potential to confront these challenges. But like any new innovation, it probably also carries some risks, and artificial intelligence and digital technologies are addressing most of these problems, solving problems, and boosting healthcare.

- ▲ Automating regular work,
- ▲ Improving clinical decision-making,
- ▲ Increasing productivity,

- ▲ Expanding access to patients and their segments through digital technologies (Polevikov, 2023).

The central question of our research is: How will artificial intelligence and digital technologies change the healthcare employment market, from 2027 to 2030? Our question will also be: How will artificial intelligence and digital technologies change the local healthcare employment market in Georgia from 2027 to 2030 (Panch et al., 2019)?

When we read different scientific books and articles, we identify the main themes that most publications address. These themes are:

- ▲ Artificial intelligence-powered medical diagnostics, guided by a professional doctor, and supported by the extension of this topic (Al Kuwaiti et al., 2023).
- ▲ Clinical decision support systems, which are now being rapidly developed, can also be referred to as expert systems (Saraswat et al., 2022).
- ▲ Next are artificial intelligence systems for clinical documentation generation and medical record storage and usage, which play a major role in consistent medical diagnostics (Zeb et al., 2024).
- ▲ Telemedicine and virtual care are developing very rapidly (Chinta et al., 2025)
- ▲ Process automation (Talati,2023).
- ▲ Digital therapy (Boudershem,2024).
- ▲ Precision medicine
- ▲ Workforce Transformation
- ▲ Human-AI cooperation
- ▲ Ethics and Governance of Artificial Intelligence

The literature also shows that artificial intelligence is identifying new unmet needs in the medical market, and this topic, which falls under healthcare marketing, will be supported by strong interest from investment funds and the stock market in paid acquisitions of healthcare technology companies (Boudershem, 2024). The literature review shows that the implementation of technology depends on regulation, compensation, interaction, workforce recruitment, and organizational readiness (Väänänen et al., 2021).

What changes will artificial intelligence and digitalization bring to healthcare employment?

1.1. The primary changes will be in healthcare administration (Morley et al., 2021)

Of course, one of the most notable impacts of AI in healthcare will be the automation of routine administrative tasks. Technologies such as intelligent appointment systems, electronic health record management, automated medical billing, and AI-based virtual assistants will reduce the time healthcare professionals spend on documentation. As a result, doctors, nurses, and other healthcare workers will be able to spend more time caring for patients (Sun & Zhou, 2023).

Of course, healthcare organizations manage large streams of information every day, including patient records, financial transactions, insurance claims, workforce schedules, purchasing data, quality indicators, and regulatory reports (Li, F., Ruijs, N., & Lu, 2022). Artificial intelligence systems can analyze these datasets in seconds, discover patterns invisible to humans, predict future events, and automate repetitive administrative processes. Innovative AI applications are already helping healthcare companies with the following administrative activities (Steerling et al., 2023):

- ▲ Automated visit planning (Ejjami, 2024).
- ▲ Revenue cycle management
- ▲ Payment and coding automation
- ▲ Electronic Health Record (EHR) Optimization
- ▲ Workforce planning
- ▲ Inventory management
- ▲ Supply chain enhancement
- ▲ Predictive financial modeling
- ▲ Patient flow optimization
- ▲ Forecasting hospital capacity
- ▲ Monitoring conformance with regulatory norms
- ▲ Clinical documentation management
- ▲ Population health analytics (Nasir et al., 2024)
- ▲ Health risk research and hazard prediction
- ▲ Support for strategic planning (Amann et al., 2020).

These technologies significantly reduce administrative workloads while improving organizational efficiency (Amann et al., 2020). These changes, according to scholars, will lead to a reduction in certain administrative positions in healthcare. However, this change will inevitably lead to a new demand – an increase in the demand for professionals who can manage and maintain digital medical systems (Ejjami, 2024).

Which administration will be more in demand in healthcare? Healthcare administrators are expected to increasingly focus on issues such as: strategic leadership, organizational transformation, artificial intelligence leadership, algorithm management, innovation management, digital transformation of healthcare, ethical supervision, cybersecurity management, human resource leadership (Bekbolatova et al., 2024) change management, crisis management, patient experience improvement, healthcare policy implementation, digital quality improvement, value-based healthcare management, population health strategy. Therefore, we can say that, instead of performing administrative work, future healthcare administrators will oversee intelligent systems that will handle much of the operational work (Muley et al., 2023).

As the literature analysis shows, the future competencies of a healthcare administrator should include: a) Artificial Intelligence literacy, b) Data analytics, and c) Machine learning fundamentals (Shaheen, 2021), d) Predictive analytics, e) Digital transformation management

f) Cybersecurity g) Cloud computing concepts h) Health informatics i) Ethics of artificial intelligence j) Data governance l) Digital leadership and so on (Bekbolatova et al., 2024, January).

1.2. Artificial Intelligence and Clinical Decision Making

AI-assisted diagnostics involves the use of artificial intelligence technologies, including machine learning, deep learning, and natural language processing (NLP), to analyze medical information such as imaging studies, laboratory results, electronic health records (EHRs), genetic data, and patient histories. These systems observe patterns, assess probabilities, and provide diagnostic recommendations to improve the speed, accuracy, and consistency of clinical decision-making (Alowais et al., 2023).

Artificial intelligence will improve clinical decision-making. Machine learning algorithms can

analyze large volumes of medical data, identify disease patterns, and help healthcare professionals diagnose diseases more quickly and accurately. AI-driven imaging tools, predictive analytics, and customized treatment recommendations will become increasingly common. However, human expertise will remain essential, as healthcare professionals must interpret AI-generated recommendations, consider ethical issues, and make final clinical decisions based on the patient's individual needs (Zeb et al., 2024).

But we should not forget that AI-assisted diagnostics have severe limitations (Al-Antari, 2023). If we do not pay attention to these limitations, the accuracy of the diagnosis itself may be at risk. What limitations should we respond to appropriately? These are:

- ▲ In healthcare data quality, we must remember that artificial intelligence systems are only as reliable as the data on which they make diagnoses (Kulkarni & Singh, 2023).
- ▲ Algorithmic Bias what seems to be the same as some Algorithmic Discrimination: an important topic, refers to systematic mistakes in the design, training, or operation of artificial intelligence algorithms that produce unfair or inaccurate results for specific groups of people. These errors typically arise because artificial intelligence systems learn from historical data. If this data contains current inequalities, omissions, or distortions, artificial intelligence can reproduce or even amplify them.

We distinguish between a) the consistency of the information being studied, and b) historical bias; b) Measurability bias; c) Selection bias; d) Labeling bias.

For example, a) an AI system developed using medical images of predominantly middle-aged European patients may have lower diagnostic performance when assessing patients from East Asia, say China, Central Africa, say the Democratic Republic of the Congo, or Latin America, say Argentina, because their clinical characteristics may differ (Norori et al., 2021).

But here comes another issue, called Historical Algorithmic Bias. Medical systems have historically been characterized by inequities in access to care, diagnosis, and treatment. AI trained using historical medical records may unintentionally learn from these existing patterns. For example, if women have historically been underdiagnosed with cardiovascular disease because their symptoms often differ from those of men, AI trained on these records may continue to underestimate women's risk of heart disease (Ueda et al., 2024).

If the training data does not adequately represent varied populations, diagnostic performance may vary across demographic groups. There may be a lack of clinical context. Artificial intelligence may not fully account for factors such as the fact that some advanced AI models operate as "black boxes," making it difficult to understand how a particular recommendation was reached (Durán & Jongsma, 2021).

A good example is Algorithmic Bias in skin cancer assessment – many artificial intelligence systems for detecting skin cancer are trained primarily on images of light-skinned people. As a result, these systems commonly perform better at assessing patients with light skin than those with dark skin. This can cause delayed diagnosis of melanoma in people with dark skin, increasing the risk of advanced disease and poorer outcomes (Nuis, Uren & Jariwala, 2025).

How should the issue of algorithmic prejudice be addressed in clinical practice?

1.3. The black box dilemma is one of the central issues of modern biomedical ethics, as traditional clinical decision-making necessitates clear cause-and-effect reasoning, whereas deep learning models make decisions based on complex, multi-layered parameter structures. One of the main ways to overcome this contradiction is the

development of explainable artificial intelligence, which not only makes predictions as well as provides traceability of the decision-making logic and a clinically interpretable explanation, including the identification of data and features that influenced a particular outcome (Panahi, 2025).

To reduce Algorithm Bias, it is necessary to decentralize data collection and model training. In this context, federated learning is an effective approach in which the algorithm learns from data among different clinical settings without private data leaving the local system. This method helps to create increasingly inclusive and demographically balanced models that better reflect global diversity and reduce the risk of reproducing historical institutional inequalities in the digital space (Arora et al., 2023).

The digitalization of healthcare will expand remote healthcare services. Telemedicine, remote patient monitoring, wearable health devices, and mobile health apps will allow care providers to monitor patients outside of traditional clinical settings. This trend could create new employment opportunities in virtual medical service delivery, while giving healthcare professionals more flexibility in where and how they work. At the same time, rural and underserved communities can gain improved entry to healthcare services using online platforms (Agarwal et al., 2023).

At the same time, AI and digitization in healthcare pose major challenges for the healthcare workforce. Many employees may need extensive retraining to adjust to rapidly changing technologies. Healthcare organizations will need to allocate to continuous professional development to ensure that staff can effectively use AI-based tools and digital systems. Healthcare workers, including doctors and nurses, who lack digital skills will need significant retraining to manage the new digital healthcare marketplace (George et al., 2024).

A very important challenge will be the intersection of AI and ethics in healthcare. Ethical and lawful considerations will also impact healthcare employment. Protecting patient privacy, guaranteeing data security, reducing algorithmic discrimination, and preserving transparency in AI-powered decision-making will require specialized professionals and clear governing structures.

Furthermore, the growing importance of soft skills in patient care should not be underestimated. While artificial intelligence can process information effectively, it cannot replace feelings, empathy, communication, and affective intelligence. Patients often need reassurance, trust, and personal support during treatment. Therefore, healthcare professionals who combine strong technical competencies with excellent interpersonal skills will continue to be indispensable.

2. NEEDED TRANSFORMATION IN HEALTH EDUCATION

The global healthcare industry is entering one of the most transformative periods in its history. Between 2027 and 2030, artificial intelligence (AI), machine learning, robotics, digital health technologies, and automation are expected to transform the way healthcare services are delivered, managed, and financed. Unlike previous technological revolutions, AI can perform not only repetitive administrative tasks but also increasingly sophisticated mental functions, such as interpreting medical images, summarizing clinical records, supporting diagnoses, predicting disease risk, and assisting with treatment planning. Demand will increase for healthcare data analysts, clinical informatics specialists, AI implementation managers, cy-

bersecurity experts, digital health consultants, and telemedicine coordinators. Professionals with expertise in both healthcare and information technology will be particularly valuable as healthcare organizations continue to integrate advanced digital solutions into their daily practices (Sopromadze et al., 2025).

As the Human-artificial intelligence collaboration, automation management, and innovation management is going the need for new skills are high. Healthcare administration education will undergo substantial development in the future. Accordingly, future master's programs should include courses such as:

- ▲ Artificial intelligence in healthcare
- ▲ Healthcare analytics
- ▲ Machine learning for healthcare managers
- ▲ Digital Hospital Management
- ▲ Ethics of Artificial Intelligence in Healthcare
- ▲ Health Informatics
- ▲ Healthcare predictive analytics
- ▲ Healthcare automation
- ▲ Digital Leadership in Healthcare
- ▲ Healthcare cybersecurity
- ▲ Healthcare Big Data Management

Innovation Management. Accordingly, graduates lacking digital competencies may face increasing difficulties in occupying leadership positions.

Looking toward to 2027–2030, health education will also evolve. Universities and educational institutions are expected to incorporate AI literacy, digital health technologies, data analytics, cybersecurity, and cross-disciplinary collaboration into medical and nursing curricula. Lifelong learning will become an essential aspect of healthcare careers as technological innovations accelerate healthcare development (Srivastava, 2024).

2.1. Healthcare professions that are likely to be transformed – The first professions to experience significant automation will generally be those that involve repetitive processing of information instead of direct patient care:

- ▲ Medical transcriptionists. Medical transcription is expected to become almost completely automated. Advanced speech recognition and generative artificial intelligence systems can already produce highly accurate clinical documentation in real time, decreasing the need for manual transcription (Knopp et al., 2023).
- ▲ Medical coding specialists and billing specialists. Artificial intelligence systems are increasingly capable of automatically assigning diagnostic and procedural codes from electronic health records, identifying billing errors, and detecting fraudulent claims. Human professionals will increasingly monitor, audit, and manage exceptions instead of routine coding.
- ▲ Medical scribes, digital assistants integrated into consulting rooms, can automatically record doctor-patient conversations, create structured clinical notes, and prepare documentation for physician review. Accordingly, the demand for traditional medical scribes is expected to decline (Pang et al., 2023).
- ▲ Administrative staff are increasingly handling visit scheduling, insurance verification,

patient registration, referral management, customer service, and routine communication through intelligent virtual assistants and conversational AI. Administrative staff is increasingly administering complex cases that require human decision-making rather than routine transactions.

▲ Call center operators.

Healthcare call centers are rapidly adopting artificial intelligence-based chatbots plus virtual agents to answer frequently asked patient questions, schedule appointments, provide medication reminders, and refer patients to appropriate services.

- ▲ Clinical professions are undergoing significant changes. Although AI will impact nearly every clinical profession, complete replacement is unlikely by 2030. The embedding of AI into surgical robotics involves moving beyond mechanical assistance to cognitive augmentation, in which the system functions as an intelligent partner to the surgeon. Computer vision algorithms examine visual data of the surgical field in real time and integrate preoperative images with the intraoperative environment, allowing the surgeon to better visualize critical anatomical structures, including blood vessels, nerves, and the limits of pathological tissue. This substantially lowers the risk of iatrogenic injury and increases the accuracy of surgical procedures.
- ▲ The operation of this system is based on multiple technological mechanisms; among them are predictive kinematics, which analyzes the surgeon's movements, eliminates hand tremors, and optimizes instrument trajectories. Also important is the automatic recognition of operational phases, through which the system determines the stage of the operation and adjusts technical parameters accordingly. In addition, the mechanism for instant anomaly detection ensures immediate identification of potential complications – including atypical bleeding or anatomical deviations – and notification of the surgical team.
- ▲ Radiologists – Radiology is one of the specialties most impacted by AI. AI systems are already detecting fractures, lung nodules, breast lesions, retinal abnormalities, and many other imaging data with impressive accuracy. However, radiologists will increasingly control AI systems, integrate imaging data with clinical information, communicate with clinicians, and perform complex, imaging-guided procedures (Obuchowicz et al., 2025).
- ▲ The rapid combination of artificial intelligence and digital innovations is driving unprecedented changes in medicine, fundamentally transforming both clinical diagnostics and the medical system. As medical systems transition from traditional, reactive models to predictive, data-driven, and patient-focused ecosystems, the development of strategic planning plus ethical models becomes critically important.

The most significant change AI has brought to healthcare is the transformation of medical decision-making. Traditionally, medicine has been largely based on clinicians' experience, intuition, and a symptom-oriented approach, while modern AI systems enable the integrated analysis of diverse biological, genetic, clinical, and behavioral data to predict diseases, identify risks at an early stage, and plan customized interventions. This process has greatly contributed to the development of predictive, preventive, personalized, and patient-centered medicine, which focuses not only on treating an already developed disease but also on preventing and early detecting it. This change is transforming not only clinical practice but also the entire organizational, governance, and strategic structure of the healthcare system.

Today, the most rapid and large-scale transformation is taking place in clinical diagnostics and medical imaging. Deep learning algorithms are successfully used in radiology, ophthalmology, dermatology, and pathological diagnostics, where they can identify complex patterns and features that often go unnoticed by human visual assessment. In parallel, significant progress is being made in pharmacogenomics and the development of new drugs, with artificial intelligence reducing research and drug development timelines, increasing research efficiency, and accelerating the identification of potential therapeutic targets. No less important are the automation of administrative processes, intelligent analysis of electronic medical records, and optimization of clinical documentation. These technological solutions contribute to increasing organizational efficiency, improving workflows, and a more rational allocation of healthcare resources. As a result, artificial intelligence is gradually emerging not only as a technological tool but also as one of the most important driving forces in the structural, functional, and organizational transformation of the healthcare system, affecting both the quality of medical services and the system's efficiency and long-term sustainability.

Artificial intelligence has significant potential to reduce geographical and social inequalities and increase access to healthcare services. Modern digital platforms, telemedicine, and clinical decision support systems allow medical personnel in rural and mountainous regions to quickly access specialized knowledge and expert recommendations, privileges previously reserved for large urban medical centers. Thus, the quality of diagnostics and treatment becomes less dependent on the patient's place of residence, and the availability of high-quality medical services in the regions increases. This innovation is especially important for countries where the uneven distribution of specialists and infrastructural limitations pose significant challenges.

However, AI cannot automatically ensure equality and, under certain circumstances, may even exacerbate existing inequalities. One reason for this is algorithmic bias, which arises when models are trained on limited or insufficiently diverse data. If AI systems are based primarily on data from high-income urban populations, their effectiveness may be reduced in other demographic or geographic groups. In addition, technological, digital, and financial barriers may limit low-income populations' access to innovative technologies. At the same time, these barriers may also create constraints for the public sector in terms of implementing and effectively using modern technologies. Therefore, the successful integration of AI requires implementing inclusive policies that ensure data diversity and the equitable development of digital infrastructure.

When considering the relationship between artificial intelligence and medical personnel, it is important to consider that medicine is not just about data analysis. Clinical practice is based not only on scientific evidence but also on the assessment of the individual patient's condition, ethical decisions, communication and empathy. That is why the most realistic and effective model is a collaboration between humans and artificial intelligence, in which technology plays a supporting and enhancing role, and the final decision remains the clinician's responsibility. Artificial intelligence is particularly effective at processing large volumes of data, assessing risks, discovering diagnostic patterns, and automating administrative processes, while the doctor provides clinical judgment, understands the context, and interacts with the patient.

Transparency, accountability, and explainable AI should underpin this collaboration. The physician should be able to understand the data and logic behind the algorithm's conclusions and recommendations. Trust in innovation will only be sustainable if its principles are understandable and verifiable. Accordingly, the future of healthcare should not be about replacing the physician but rather about empowering the physician to improve both clinical outcomes and the patient experience (Djakeli, 2025).

The current international regulatory environment only partially addresses the challenges posed by the rapid development of artificial intelligence. Traditional regulatory mechanisms were originally designed to assess medical devices and pharmaceutical products, whereas modern artificial intelligence systems are often dynamic, continually updating their functionality in response to new data. This circumstance significantly complicates the regulatory process, as it is necessary not only to evaluate the product initially but also to continuously monitor it in real-world clinical practice. That is why existing legal frameworks often fail to keep pace with technological progress.

ATTEMPTS TO REGULATE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

What is the Artificial Intelligence Act? The Artificial Intelligence Act (AI Act) is a comprehensive legal regulation created by the European Union to establish common rules for the development, deployment, marketing, and use of artificial intelligence systems in the European Union. The main objectives of this regulation are to protect human rights and ensure the safety and reliability of artificial intelligence systems, promote transparency, prevent discrimination, and encourage trustworthy innovations in artificial intelligence (Gilbert et al., 2023).

Increasing public trust in AI technologies. Creating harmonized rules across all EU member states. The law applies not only to organizations located in the EU but also to companies outside the EU that place AI systems on the EU market or whose AI systems affect individuals within the EU (Sun & Zhou, 2023).

The European Union has enacted the world's first large-scale law, the "AI Act" (Artificial Intelligence Act, 2024).

It aims to ensure a balance between technological progress and the protection of human rights. The regulation is based on a risk-based approach and pays special attention to security, transparency, and the protection of fundamental human rights (Reddy et al., 2020).

This direction is not shared by the United States. The United States prefers a more flexible and innovation-oriented approach. Nevertheless, most countries still lack a comprehensive strategy that would simultaneously ensure support for innovation and patient safety. In the future, it will be necessary to develop adaptive governance models that keep pace with technological change and ensure the safe use of artificial intelligence systems in healthcare practice (Madiaga, 2021, April).

The introduction of a digital model in developing economies is not only realistic but, under conditions of limited resources, also one of the most optimal ways forward. The effect of technological leapfrogging in the healthcare system enables the partial elimination of traditional, capital-intensive infrastructure stages and the direct integration of the system into modern digital ecosystems (Djakeli, 2024). developed to the expansion of physical infrastructure, are often much more scalable and cost-effective (Schuett, 2024).

Today, in the Georgian context, the practical implementation of the digital model does not imply the construction of comprehensive high-tech centers, but rather the hybridization of the existing primary healthcare infrastructure. The physical space retains the functions of direct patient contact and the collection of clinical biomaterial, while diagnostic analytics, remote monitoring, and artificial intelligence-based decision support are implemented in a digital environment. The development of digital infrastructure, including broadband Internet and cloud

systems, is critical to the effectiveness of this model, which already lays the foundation for the large-scale implementation of such an ecosystem (Novelli, 2025).

The Georgian healthcare system is currently at an early, albeit structurally fragmented stage, with digital elements such as electronic prescriptions and outpatient records already in place, but full semantic interoperability of data between different healthcare providers is not yet ensured. In these circumstances, one of the most important opportunities is the ongoing centralization of data within the diagnosis-related groups, or DRG, system, which creates large-scale and structured databases. Such databases are an important resource for machine learning algorithms and contribute to resource optimization, the modeling of epidemiological processes, and the predictive management of healthcare financing (Giguashvili et al., 2023).

In addition, one of the most critical risks remains the insufficient information security architecture and the lack of a clear ethical and legal framework. Given the special sensitivity of medical data, the potential leakage or unauthorized manipulation of systems poses a direct threat to patients' safety and health (Vepkhishvili et al., 2025). An additional challenge is the insufficient level of digital competence among clinical staff, which often leads to skepticism towards new technologies and to their perception as an additional administrative burden rather than as tools supporting clinical processes (Gognadze, 2025).

Over the next 10–15 years, the global healthcare system will gradually transition to a decentralized, patient-centric digital ecosystem, where the traditional hospital-centric model will be significantly reduced. Hospitals will mainly retain high-complexity surgical, intensive care and emergency intervention services, while the management and prevention of chronic diseases will increasingly move to the patient's home and everyday environment. In this process, biosensors and artificial intelligence-based wearable devices will provide continuous health monitoring (Kutalia et al., 2025).

In parallel with this transformation, one of the main ethical challenges remains the risk of data concentration and so-called “data colonialism”, when global technology companies may control the biological data of the population, while developing countries remain passive users of technological services (Djakeli, 2026). The issue of digital health inequalities is also critical, as a lack of access to high technologies may become a new socio-economic risk factor that will directly affect health outcomes and deepen existing global inequalities. (Giguashvili & Makasarashvili, 2021).

THE RESULT OF SECONDARY RESEARCH: DEMONSTRATION OF CONFIRMATION OR REJECTION OF HYPOTHESES THROUGH RESEARCH

During the secondary research, scientific articles and books published in recent years were analyzed, and the following were identified:

Hypothesis 1: Artificial intelligence will enter healthcare precisely to improve the efficiency of the medical business model, and therefore it will revalue many roles, create new opportunities, and require employees to develop new technical and interpersonal skills. This hypothesis was confirmed by the conducted research.

Hypothesis 2: Artificial intelligence will lead to increased operational efficiency in healthcare and will completely change the nature of employment in the healthcare sector. The second hypothesis was confirmed by the literature analysis.

Hypothesis 3: Artificial intelligence and digital technologies will lead to increased healthcare functional efficiency, the emergence of new patient needs, and the pursuit of their full satisfaction, and this will completely change the nature of employment in the healthcare sector. The third hypothesis was confirmed by the literature review.

CONCLUSION

The main strategic message for healthcare policymakers is that the digital transformation of healthcare should not be based on implementing isolated technological products, but on developing a systematic data architecture that ensures information standardization, semantic interoperability, and secure data exchange. The effectiveness of artificial intelligence depends directly on the quality, structure, and availability of data; therefore, implementing innovative technologies in a fragmented data environment will not yield sustainable results and may lead to inefficient use of resources (Voronovi et al., 2024).

In addition, it is necessary to create flexible yet clear ethical and legal frameworks that simultaneously protect patient confidentiality and do not hinder scientific innovation. Of particular importance is the development of human capital, including reforms to medical education that strengthen data analytics and digital literacy. Ultimately, artificial intelligence cannot replace the ethical responsibility and empathy of the clinician, but those systems and professionals that effectively absorb its capabilities will significantly outperform those environments that are slow or incompletely adapting to technological transformation (Djakeli, 2023).

In conclusion, artificial intelligence and digitalization will significantly change the healthcare job market between 2027 and 2030. While automation may reduce demand for some traditional administrative roles, it will create many opportunities in digital health, data science, cybersecurity, and AI systems management. Healthcare professionals will increasingly work alongside intelligent technologies rather than competing with them.

REFERENCES

1. Agarwal, R., Bjarnadottir, M., Rhue, L., Dugas, M., Crowley, K., Clark, J., & Gao, G. (2023). Addressing algorithmic bias and the perpetuation of health inequities: An AI bias-aware framework. *Health Policy and Technology*, 12(1), 100702.
2. Arora, A., Barrett, M., Lee, E., Oborn, E., & Prince, K. (2023). Risk and the future of AI: Algorithmic bias, data colonialism, and marginalization. *Information and Organization*, 33(3), 100478.
3. Act, EAI (2024). *The EU Artificial Intelligence Act*. European Union.
4. Al Kuwaiti, A., Nazer, K., Al-Reedy, A., Al-Shehri, S., Al-Muhanna, A., Subbarayalu, AV, ... & Al-Muhanna, FA (2023). A review of the role of artificial intelligence in healthcare. *Journal of Personalized Medicine*, 13(6), 951.
5. Amann, J., Blasimme, A., Vayena, E., Frey, D., Madai, V. I., & Precise4Q Consortium. (2020). Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective. *BMC medical informatics and decision making*, 20(1), 310.
6. Al-Antari, MA (2023). Artificial intelligence for medical diagnostics—Existing and future AI technology!. *Diagnostics*, 13(4), 688.
7. Alowais, SA, Alghamdi, SS, Alsuhebany, N., Alqahtani, T., Alshaya, AI, Almohareb, SN, ... & Al-

- bekairy, AM (2023). Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC medical education*, 23(1), 689.
8. Bekbolatova, M., Mayer, J., Ong, CW, & Toma, M. (2024, January). Transformative potential of AI in healthcare: definitions, applications, and navigating the ethical landscape and public perspectives. In *Healthcare* (Vol. 12, No. 2, p. 125). MDPI.
 9. Bekbolatova, M., Mayer, J., Ong, CW, & Toma, M. (2024, January). Transformative potential of AI in healthcare: definitions, applications, and navigating the ethical landscape and public perspectives. In *Healthcare* (Vol. 12, No. 2, p. 125). MDPI.
 10. Boudierhem, R. (2024). Shaping the future of AI in healthcare through ethics and governance. *Humanities and social sciences communications*, 11(1), 1-12.
 11. Chinta, SV, Wang, Z., Palikhe, A., Zhang, X., Kashif, A., Smith, MA, ... & Zhang, W. (2025). AI-driven healthcare: Fairness in AI healthcare: A survey. *PLOS Digital Health*, 4(5).
 12. Djakeli, K. (Ed.). (2023). *Modern healthcare marketing in the digital era*. IGI Global.
 13. Djakeli, K. (2025). Phygitalization of Palliative Care and Its Social Marketing. In *Phygital Approaches to Social Marketing* (pp. 267-288). IGI Global Scientific Publishing.
 14. Gigauri, I., & Djakeli, K. (2021). Expecting Transformation of Marketing During the Post-Pandemic New Normal: Qualitative Research of Marketing Managers in Georgia. *International Journal of Sustainable Economies Management (IJSEM)*, 10(2), 1-18.
 15. Madiega, T. (2021, April). *Artificial Intelligence Act*.
 16. Gognadze, K. (2025). DIFFICULTIES INTRODUCING AND MANAGING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE GEORGIAN HEALTHCARE SYSTEM. *Innovative economics and management*, 12(1), 90-108.
 17. Vepkhishvili, G., Kekelia, E., & Abuladze, M. (2025). 273P AI-assisted extraction and analysis of prostate cancer data in a low-resource European setting: A single-center experience from Georgia. *ESMO Real World Data and Digital Oncology*, 10.
 18. Schuett, J. (2024). Risk management in the Artificial Intelligence Act. *European Journal of Risk Regulation*, 15(2), 367-385.
 19. Giguashvili, G., Makasarashvili, T., & Mamatsashvili, D. (2023). Application OF Technologies Based on Artificial Intelligence in the Healthcare Sector OF Georgia. *Grail of Science*, (32), 366-370.
 20. Novelli, C., Hacker, P., Morley, J., Trondal, J., & Floridi, L. (2025). A robust governance for the AI Act: AI office, AI board, scientific panel, and national authorities. *European Journal of Risk Regulation*, 16(2), 566-590.
 21. Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4).
 22. Shaheen, M. Y. (2021). Applications of Artificial Intelligence (AI) in healthcare: A review. *ScienceOpen Preprints*.
 23. Koski, E., & Murphy, J. (2021). AI in Healthcare. *Nurses and midwives in the digital age*, 295-299.
 24. Polevikov, S. (2023). Advancing AI in healthcare: a comprehensive review of best practices. *Clinica Chimica Acta*, 548, 117519.
 25. Panch, T., Mattie, H., & Celi, LA (2019). The "inconvenient truth" about AI in healthcare. *NPJ Digital Medicine*, 2(1), 77.
 26. Saraswat, D., Bhattacharya, P., Verma, A., Prasad, VK, Tanwar, S., Sharma, G., ... & Sharma, R. (2022). Explainable AI for healthcare 5.0: opportunities and challenges. *IEEE Access*, 10, 84486-84517.
 27. Zeb, S., Nizamullah, FNU, Abbasi, N., & Fahad, M. (2024). AI in healthcare: revolutionizing diagnosis and therapy. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Arts*, 3(3), 118-128.
 28. Talati, D. (2023). AI in the healthcare domain. *Journal of Knowledge Learning and Science Technology ISSN: 2959-6386 (Online)*, 2(3), 256-262.
 29. Väänänen, A., Haataja, K., Vehviläinen-Julkunen, K., & Toivanen, P. (2021). AI in healthcare: A

- narrative review. *F1000Research*, 10, 6.
30. Reddy, S., Allan, S., Coghlan, S., & Cooper, P. (2020). A governance model for the application of AI in health care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 27(3), 491-497.
 31. Sun, G., & Zhou, YH (2023). AI in healthcare: navigating opportunities and challenges in digital communication. *Frontiers in Digital Health*, 5, 1291132.
 32. Morley, J., Machado, CC, Burr, C., Cows, J., Joshi, I., Taddeo, M., & Floridi, L. (2021). The ethics of AI in health care: a mapping review. *Ethics, Governance, and Policies in Artificial Intelligence*, 313-346.
 33. Steerling, E., Siira, E., Nilsen, P., Svedberg, P., & Nygren, J. (2023). Implementing AI in health-care—the relevance of trust: a scoping review. *Frontiers in health services*, 3, 1211150.
 34. Li, F., Ruijs, N., & Lu, Y. (2022). Ethics & AI: A systematic review on ethical concerns and related strategies for designing with AI in healthcare. *AI*, 4(1), 28-53.
 35. Ejjami, R. (2024). AI-driven healthcare in France. *International Journal for Multidisciplinary Research*.
 36. Nasir, S., Khan, RA, & Bai, S. (2024). Ethical framework for harnessing the power of AI in health-care and beyond. *IEEE Access*, 12, 31014-31035.
 37. Muley, A., Muzumdar, P., Kurian, G., & Basyal, G. P. (2023). Risk of AI in healthcare: a comprehensive literature review and study framework. *arXiv preprint arXiv:2309.14530*.
 38. Shaheen, M. Y. (2021). AI in Healthcare: medical and socio-economic benefits and challenges. *ScienceOpen Preprints*.
 39. Kulkarni, PA, & Singh, H. (2023). Artificial intelligence in clinical diagnosis: opportunities, challenges, and hype. *Journal*, 330(4), 317-318.
 40. Zeb, S., Nizamullah, FNU, Abbasi, N., & Fahad, M. (2024). AI in healthcare: revolutionizing diagnosis and therapy. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Arts*, 3(3), 118-128.
 41. Norori, N., Hu, Q., Aellen, FM, Faraci, FD, & Tzovara, A. (2021). Addressing bias in big data and AI for health care: A call for open science. *Patterns*, 2(10).
 42. Ueda, D., Kakinuma, T., Fujita, S., Kamagata, K., Fushimi, Y., Ito, R., ... & Naganawa, S. (2024). Fairness of artificial intelligence in healthcare: review and recommendations. *Japanese journal of radiology*, 42(1), 3-15.
 43. Durán, JM, & Jongsma, KR (2021). Who is afraid of black box algorithms? On the epistemological and ethical basis of trust in medical AI. *Journal of Medical Ethics*, 47(5), 329-335.
 44. Nouis, S. C., Uren, V., & Jariwala, S. (2025). Evaluating accountability, transparency, and bias in AI-assisted healthcare decision-making: a qualitative study of healthcare professionals' perspectives in the UK. *BMC Medical Ethics*, 26(1), 89.
 45. Panahi, O. (2025). Algorithmic medicine. *Journal of Medical Discoveries*, 2(1).
 46. George, AS, George, AH, & Baskar, T. (2024). Artificial intelligence and the future of healthcare: Emerging jobs and skills in 2035. *Partners Universal Multidisciplinary Research Journal*, 1(1), 1-21.
 47. Srivastava, A. (2024). Impact of AI/ML on the job market, skill set, and the health industry. *ESP J. Eng. Technol. Adv*, 4(3), 122-126.
 48. Knopp, MI, Warm, EJ, Weber, D., Kelleher, M., Kinnear, B., Schumacher, DJ, ... & Turner, L. (2023). AI-enabled medical education: threads of change, promising futures, and risky realities across four potential future worlds. *JMIR Medical Education*, 9, e50373.
 49. Pang, TY, Lee, TK, & Murshed, M. (2023). Towards a new paradigm for digital health training and education in Australia: exploring the implications of the fifth industrial revolution. *Applied Sciences*, 13(11), 6854.
 50. Obuchowicz, R., Lasek, J., Wodziński, M., Piórkowski, A., Strzelecki, M., & Nurzynska, K. (2025). Artificial intelligence-empowered radiology—current status and critical review. *Diagnostics*, 15(3), 282.

51. Gilbert, S., Anderson, S., Daumer, M., Li, P., Melvin, T., & Williams, R. (2023). *Learning from experience and finding the right balance in the governance of artificial intelligence and digital health technologies*. *Journal of Medical Internet Research*, 25(1), e43682.
52. KUTALIA, I., GIGINEISHVILI, K., & KATSITADZE, A. (2025). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DERMATOLOGY: CURRENT STATE, CHALLENGES AND FUTURE PERSPECTIVES*. *Experimental and Clinical Medicine Georgia*, (6), 167-170.
53. Djakeli, K. (2026). *Healthcare Reforms in Georgia: Its Economy, Marketing, and Leadership*. In *Physical Insights on National Health Reform: Economics, Marketing, and Leadership* (pp. 265-282). IGI Global Scientific Publishing.
54. Sopromadze, Z., Shashiashvili, N., & Simonishvili, B. (2025). *Strategies for Overcoming Barriers to the Integration of Artificial Intelligence (AI) in Pharmaceutical Practice in Georgia*. *Economics & Business* (1987-5789), (2).
55. Voronovi, S., Simonia, G., & Taylor, DC (2024). *Medical education in Georgia*.

Reflection of Traditional Medicine in the New International Classification of Diseases – ICD11

EKATERINE SANIKIDZE

MD, PhD, Associate Professor, Tbilisi State Medical University, Medical Director of the Tbilisi Balneological Resort

For centuries, interest and trust in traditional medicine(TM) has not been lost on the part of the population. Patients still actively turn to representatives of traditional medicine, folk healers – both for diagnostics and treatment [1]. Traditional, or so-called, oriental medicine and its individual methods are becoming increasingly popular in the West – Chinese, Indian, Thai, Tibetan medicine offices, centers, clinics are opening [2]. However, in the conditions of evidence-based medicine, patients themselves take responsibility for the quality and results of diagnosis and treatment using traditional medicine methods, since most countries do not regulate this area – neither prohibit it nor impose specific licensing conditions. Because of this, there are often no accurate statistics – how many people use traditional medicine (TM) services, for which diseases and conditions people turn to traditional medicine more often, what results they get, etc. However, if we judge not by the decrease, but by the increase in the number of centers, that is, by the increase in demand for them in the market, it turns out that we can conclude that the population's trust and demand for TM is high [3,4]. Moreover, most likely, it is precisely in view of this demand that in recent years, developed medical centers around the world have been opening integrative medicine clinics in order to diagnose patients using both conventional and traditional medicine methods and prescribe treatment or care [1]. And even more – the World Health Organization has included traditional medicine as a separate chapter in the new International Classification of Diseases [4].

This is where our interest arose and a study was planned, which aimed to discuss why it was necessary to include a separate chapter on traditional medicine in the ICD-11, what health conditions are included, what system is used to code them in this chapter; which traditional medicine treatment methods are included in the interventions and what criteria are used to select them; are the coded topics of traditional medicine based on evidence-based medicine?

Accordingly, **the purpose of the study** was: to study the prerequisites, reasons and expected results of adding the TM component to the ICD11

The objectives are: 1. General overview of the traditional medicine chapter in the ICD11, 2. Determination of the prerequisites and reasons for including TM in the ICD11, 3. Calculation of the expected results

Materials and methods: 1. The ICD11 itself and supporting documents (WHO reviews, recom-

mendations, resolutions, 2. Scientific articles, information materials on the inclusion of TM in the ICD11. The multi-factor qualitative method included both descriptive, review, and correlational and analytical methods.

RESULTS' DISCUSSION:

1. General overview of the traditional medicine chapter in the ICD11

In order to briefly and comprehensively review the TM chapter, we analyzed both the classification itself, and the articles published on this topic [3, 5, 6, 7].

It appeared, that the chapter is divided into specific modules that encompass diagnostic concepts from various standardized systems of care. **Module 1 (TM1).** (BlockL1-SA0): Covers traditional medicine disorders and patterns originating from ancient Chinese Medicine, which are widely practiced in China, Japan, Korea, and globally. **Module 2:** Encompasses diagnostic concepts from other prominent traditional systems, specifically Ayurveda, Unani, and Siddha. **Structural Breakdown (Module 1)** – Within Module 1, diagnostic codes are categorized into two main blocks: **TM Disorders:** Set dysfunctions in body systems presented with specific signs and symptoms, categorized by organ systems (e.g., Liver System Disorders, Spleen System Disorders). **TM Patterns:** Underlying disharmonies and physiological states used in TM practices, such as Yin/Yang deficiencies or exterior/interior imbalances. **Dual Coding** – To ensure it acts as a complement rather than a replacement, the ICD-11 employs a **dual coding** system. This allows practitioners to assign a primary biomedical diagnosis (from Chapters 1 to 24) and pair it with the corresponding TM pattern or disorder code (Chapter 26) to provide a holistic view of the patient's health [8]. This is main difference and advantage of ICD 11 toward other classification, as doctors have opportunity to reflect in their diagnosis simultaneously both – modern/conventional and TM codes.

So, The ICD-11 *Traditional Medicine* (TM) chapter is a supplementary chapter (26) enabling clinicians to integrate traditional diagnoses alongside conventional medical coding. It is not used for mortality and is strictly optional, aiming to measure the form, frequency, and usage of traditional healthcare encounters. This chapter has 470 four-character categories. Code range starts with SA00 This supplementary chapter is a subclassification for optional use. Coding should always include also a category from the chapters 1-24 of ICD. This supplementary chapter refers to disorders and patterns which originated in ancient Chinese Medicine and are commonly used in China, Japan, Korea, and elsewhere around the world. This list represents a union set of harmonized traditional medicine conditions of the Chinese, Japanese, and Korean classifications. **Definitions:** A disorder in traditional medicine, disorder (TM1), refers to a set of dysfunctions in any of the body systems which presents with associated manifestations, i.e. a single or a group of specified signs, symptoms, or findings. Each disorder (TM1) may be defined by its symptomatology, etiology, course and outcome, or treatment response:

1. **Symptomatology:** signs, symptoms or unique findings by traditional medicine diagnostic methods, including inspection such as tongue examination, history taking (inquiry), listening and smelling examination, palpation such as pulse taking, abdominal examination, and other methods or/and constitution: the characteristics of an individual, including structural and functional characteristics, temperament, ability to adapt to environmental changes, or susceptibility to various health conditions

2. **TM Etiology:** the underlying traditional medicine explanatory style, such as environmental factors (historically known in TM translations as the external contractions), emotional factors (historically known in TM translations as the seven emotions), or other pathological factors, processes, and products.

3. Course and outcome: a unique path of development of the disorder (TM1) over time.
4. Treatment response: known response to traditional medicine interventions.

In defining a disorder (TM1), symptomology and etiology are required. Course and outcome, and treatment response are optional. A pattern in traditional medicine, pattern (TM1), refers to the complete clinical presentation of the patient at a given moment in time including all findings.

'TM1' refers to Traditional Medicine conditions – Module I. The (TM1) designation is used throughout this chapter for every traditional medicine diagnostic category in order to be clearly distinguishable from conventional medicine concepts.

To understand TM1 better, let's consider "liver system disorders' example – Organ system disorders (TM1) (BlockL2-SA0); Liver system disorders (TM1) (BlockL3-SA0) – This section contains a series of TM disorders that are all attributable to dysfunction of the liver system. The system consists of the organs liver and gallbladder, tendons, nails, eyes, related meridians and collaterals. SA00 – Hypochondrium pain disorder (TM1). A disorder characterized by pain on one or both sides of the hypochondrium. It may be explained by qi dysfunction or disharmony in the meridians of the hypochondrium. SA01 – Jaundice disorder (TM1). A disorder characterized by yellow and dark appearance of sclera, skin and urine. They may be explained by dysfunction of liver and spleen systems, and gallbladder, which caused by invading of exogenous pathogenic including dampness, fire or pestilence, and interior injury due to drinking of alcohol or improper diet, or different kinds of dampness, blood stasis and qi stagnation. Inclusions: Acute jaundice Yang jaundice Yin jaundice SA02 – Liver distension disorder (TM1). A disorder characterized by mass or pain in the right hypochondrium relieved with pressure. It may be explained by stagnation of qi and blood and may be a sequelae of other liver system disorders. SA03 – Tympanites disorder (TM1). A disorder characterized by severe abdominal distention with taut, yellowish skin, or prominent veins over the abdominal wall. It relates to liver, spleen and kidney system, may be explained by decreased circulation of qi, blood, or water, which cause the fluid or gas accumulation in the peritoneal cavity, an abdominal mass, or intestinal infection. SA04 – Liver abscess disorder (TM1). A disorder characterized by sudden onset of fever, a mass or pain in the right, lower hypochondrium. It may be explained by accumulation of fire, heat, toxin, parasites, or other infection, which lead to putrefaction of qi or blood in liver, and cause internal abscess. SA05 – Gallbladder distension disorder (TM1) A disorder characterized by recurrent pain with discomfort and distention in the right upper quadrant of the abdomen which may be accompanied by flatulence. It may be explained by stagnation of gallbladder qi, which is caused by obstruction of dampness, heat, phlegm and blood stasis in gallbladder, or emotional upset. SA0Y – Other specified liver system disorders (TM1). SA0Z – Liver system disorders (TM1), unspecified.

1.1 Prerequisites for the inclusion of TM in ICD-11

Despite the fact that the classification itself clearly reflects the different types of organ and system dysfunctions, with descriptions of the main symptoms and syndromes, the question of why it was necessary to add this chapter to the existing classification of diseases, where diseases and conditions have appropriate names and descriptions, still remains.

That is why our next task was to determine the prerequisites for the inclusion of TM in ICD-11. This would more clearly demonstrate the need for a classification with descriptions of organ/system dysfunctions. To study this issue, we reviewed both official WHO reports and guidelines, as well as published articles on the topic. As a result of the meta-analysis, it was revealed that several facts, events and indicators preceded the WHO's revision. As Kenji Watanabe and all are discussing in "Development of the traditional medicine classification

Module 1 in ICD-11"[2], the development of the ICD-11 TM chapter began in 2005 under the WHO Western Pacific Regional Office(WPRO) as part of a standardization project for traditional East Asian medicine. It was transferred to WHO headquarters in 2009, reviewed by 142 experts from 22 countries, and field-tested in Japan, China, Korea, and the United Kingdom. Unlike other ICD fields, the TM classification had to be constructed de novo, demanding substantial technical and diplomatic work. Thanks to effective collaboration across Asia, Europe, and Oceania, progress was steady. By 2016, peer review was completed, followed by field testing in 2016–2017, culminating in the version that was ultimately released. The WHO General Assembly adopted ICD-11 in 2019, and Chapter 26—Traditional Medicine Conditions Module 1—came into effect in January 2022. The inclusion of TM does not imply WHO endorsement of its efficacy or safety, but rather provides a global platform for evidence-based evaluation through research and statistical analysis. Following Module 1, Module 2—covering Ayurveda, Unani, and Siddha—was released in 2025. The establishment of the Traditional Medicine Reference Group (TMRG) within WHO Family of International Classification (WHO-FIC) further facilitates integration of TM concepts into the International Classification of Health Interventions (ICHI). The ICD-11 TM chapter provides an essential global framework for TM research, education, and policy, fostering international collaboration toward evidence-based integration of traditional medicine into health systems [9]. As authors explored, traditional medicine began to expand internationally in the 1970s. A symbolic turning point was a 1971 report in The New York Times, in which a journalist accompanying Henry Kissinger's visit to China described his personal experience of acupuncture treatment. Thereafter, interest in non-biomedical practices such as acupuncture and herbal therapy grew in many countries—as “alternative medicine” in the United States and as “complementary medicine” in the United Kingdom and EU countries. In 1993, David Eisenberg and colleagues at Harvard Medical School published in the New England Journal of Medicine a landmark survey showing that the number of users of complementary and alternative medicine in the U.S. exceeded that of conventional biomedical services. This catalyzed policy changes, and in 1998 the National Center for Complementary and Alternative Medicine (NCCAM) was established at the U.S. National Institutes of Health (NIH), later renamed the National Center for Complementary and Integrative Health (NCCIH). Its annual budget reached USD 170.9 million in fiscal year 2025. In Germany, an estimated 20,000–30,000 physicians have completed 200h of acupuncture training, and pharmacies specializing in herbal medicines serve physicians. In the United States as well, acupuncture is now offered in leading cancer centers such as Dana-Farber and MD Anderson, particularly for pain management. Within this global trend, WHO decided to incorporate a chapter on traditional medicine into the ICD revision[2].

1.2. Identifying the reasons

After discussing the prerequisites, it was clear that our task was to summarize the reasons for including the TM in Chapter 11.

Taking into account the prerequisites and indicators, as well as based on the analysis of existing publications, we formulated the following main reasons: **Objectives and Integration** – The inclusion of Traditional Medicine (TM) in *ICD-11* (via Chapter 26/TM Module-2) was driven by the World Health Organization (WHO) to standardize concepts, improve global health data, and integrate TM into mainstream healthcare systems. The primary reasons for its inclusion are: **Global Health Representation**: Approximately 82% of the world's population uses some form of traditional medicine, due to cost-effectiveness, greater trust in "natural" methods, fewer prob-

lems with medical institutions and insurance companies, and other reasons. Prior to ICD-11, these massive health encounters were essentially "invisible" to international statistical data. **The "Count TM" Principle:** A foundational rationale used by the WHO is that *"if you do not count traditional medicine, then traditional medicine does not count."* Coding allows health systems to measure service utilization, allocate resources, and establish equitable health policies. **International Standardization:** Traditional Medicine (such as Traditional Chinese Medicine, Kambo, and Ayurveda) possesses immense local knowledge but lacked a standardized, universally comparable terminology. ICD-11 provides a shared language to bridge TM and Western Medicine (WM) concepts. **Enhanced Safety and Research:** By integrating diagnostic codes into mainstream digital health records, researchers can better track treatment outcomes, evaluate the integration of TM alongside WM, and document any adverse events. **Support for WHO Strategies:** The inclusion supports the WHO Draft Global TN Strategy, which advocates for strengthening the evidence base of Traditional and Complementary Medicine (TCIM) and integrating it safely into national health systems. [10]

3. CALCULATION OF PROBABLE RESULTS

And finally, taking into account the prerequisites and reasons, our task was, based on logical analysis, to calculate what could be the main results of the introduction of TM in 11?

1. If one of the main reasons for the introduction of traditional medicine was the need for accounting – the reporting system, epidemiological data and monitoring of the results of the TM by TM methods, accordingly, one of the first and main results should be the improvement of statistics – both on common diseases, conditions, symptoms, syndromes, functional disorders, and – on methods of their diagnosis and treatment – especially for those countries where the population practically does not use conventional medicine.

2. Since in many countries, both conventional and TM methods are used to diagnose and treat patients with MDS, it logically follows from this reality that in these countries it will be possible to compare data and assess the capabilities of different classifications when using both classifications. Also, observation of different groups – those who benefit from the achievements of only one of the medicine and those who benefit from integrated methods, which clearly determines the clinical and socio-economic place of integrative medicine in healthcare in the future. That is, the introduction of TM will contribute to the development of IM and the achievement of more effective, rapid and cost-effective results.

In addition to our conclusions, a meta-analysis of the literature on possible outcomes showed that other authors also believe that the introduction of TM in 11 will bring specific clinical, epidemiological, social and economic results [4,11, 12]. For example, Reddy B, Fan AY [13] believe that The integration of this chapter aligns with the *WHO Traditional Medicine Strategy* to standardize TM data collection. By facilitating interoperability within modern electronic health record infrastructures, it allows researchers and policymakers to better analyze the safety, quality, and outcomes of traditional therapies on a global scale. Although some countries have had national Traditional Medicine classification systems for many years, information from such systems has not been standardized nor been made available globally. By including TM within the ICD, international standardization will be possible allowing for measuring, counting, comparing, formulating questions and monitoring over time. ICD-11 is a classification system for the twenty-first century, and it now provides an opportunity for interested users to integrate the coding of diagnostic concepts from both TM and Western Medicine.

Moreover, we have come across articles that demonstrate the potential for creating morbid-

ity registries, digitizing and mapping TMs, and funding them through state health insurance for specific traditional medical systems. For example, Sathiyarajeshwaran, P., and all in the article “India’s roadmap for ICD-11 TM2 implementation: Integrating Ayurveda, Siddha, and Unani into global health standards” [10], note that: “This initiative, spanning 2020–2025 and formalized by a donor agreement between the World Health Organization (WHO) and India’s Ministry of Ayush, establishes a standardized language for ASU morbidity. Key outcomes include the mapping of 1941 national Ayush morbidity codes to the new classification and the official release of TM2 on the WHO ICD-11 Browser in February 2025, ensuring international comparability and evidence-based policymaking. India’s implementation roadmap leverages existing digital platforms, including the National Ayush Morbidity And Standardized Terminologies Electronic (NAMASTE) Portal and the Ayush Hospital Management Information System (A-HMIS), which is powered by a niche Double Coding system in compliance with the WHO Minimum Data Set requirements. This initiative positions India as a global leader in integrating traditional medicine into digital health systems and universal health coverage frameworks”.

CONCLUSION

1. The reflection of traditional, physical medicine, first of all, aims at the registration, visibility, regulation and evaluation of the effectiveness of treatment with these methods;
2. This will make it easier for specialists in the field of medical rehabilitation and traditional healers to organize and reflect patient management in the relevant documents;
3. The reflection of TM in ICD11 makes scientists to strengthen research in this direction and allocate evidence-based methods of traditional medicine in subsequent revisions of the classification and their financing by both private and state health insurance companies.
4. The study showed that the implementation of the ICD-11 still has a number of obstacles in the majority of countries, however, by reflecting traditional medicine in this classification, not only clinical, but also financial and psychosocial benefits can be reasonably expected. This, in addition to strengthening trust, will reduce the economic burden caused by healthcare on both states and insurance companies, as well as families. Further studies in the field of ICD11 implementation are needed.

REFERENCES:

1. Morris W, Gomes S, Allen M. *International classification of traditional medicine*. *Glob Adv Health Med*. 2012 Sep;1(4):38-41. doi: 10.7453/gahmj.2012.1.4.005. PMID: 24278830; PMCID: PMC3833512.
2. Kenji Watanabe et al., *Development of the traditional medicine classification Module 1 in ICD-11* *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2026.03.001>
3. SEVENTY-SECOND WORLD HEALTH ASSEMBLY Provisional agenda item 12.7 A72/29 4 April 2019, *Eleventh revision of the International Classification of Diseases Report by the Director-General*
4. WHO. *INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF DISEASES – ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics*; 2019. <https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases>
5. Lee YS, Huang Y, Wardle J, Witt CM, Lee MS. *International Statistical Classification of Diseases and data gaps in traditional medicine*. *Bull World Health Organ*. 2025 Nov 1;103(11):744-746. doi: 10.2471/BLT.25.293540. Epub 2025 Oct 14. PMID: 41180267; PMCID: PMC12578526.
6. SCRIBD, *ICD-11 Traditional Medicine Module 2 Overview*. Uploaded by [sakthiduraiselvamon](#) Sep 10, 2025,

7. Faro, J., Ana Varela, A. *MEDICINA TRADICIONAL CHINESA WHO ICD-11 Implications for TCM Diagnosis Experience of the Traditional Chinese Medicine School of Lisbon. J Revista de Cultura.* 2023 pp32-47
8. Hong, M., Zhu, J.-P., Morris, W., & Solos, I. (2021). *Traditional Medicine Diagnostic Codes in ICD-11 and Alternative Diagnostic Classifications in the Mainstream Healthcare. Chinese Medicine and Culture*, 4(2), 86–92. https://doi.org/10.4103/CMAC.CMAC_14_21
9. WHO. Western Pacific. *Traditional Medicine*, 2026. https://www.who.int/westernpacific/health-topics/traditional-complementary-and-integrative-medicine#tab=tab_1
10. Sathiyarajeshwaran, P., Kannan, M., Thrigulla, S. R., Acharya, R., Goyal, N., Srikanth, N., Amanullah, A., Natarajan, S., Ahmad, B., Kudus, N., Narayanan, V. R., Lavaniya, V. K., Muthukumar, N. J., & Ahmed, Z. (2025). *India's roadmap for ICD-11 TM2 implementation: Integrating Ayurveda, Siddha, and Unani into global health standards. International Journal of Ayurveda Research*, 6(4), 399–407. https://doi.org/10.4103/ijar.ijar_337_25
11. Harsh, R., Singh, R., Rastogi, S. *WHO ICD – 11 Showcasing of Traditional Medicine: Lesson from a lost opportunity Annals of Ayurvedic Medicine Vol-7 Issue-3-4 Jul-Dec, 2018. Pp66-71*
12. Morris W, Gomes S, Allen M. *International classification of traditional medicine. Glob Adv Health Med.* 2012 Sep;1(4):38-41. doi: 10.7453/gahmj.2012.1.4.005. PMID: 24278830; PMCID: PMC3833512.
13. Reddy B, Fan AY. *Incorporation of complementary and traditional medicine in ICD-11. BMC Med Inform Decis Mak.* 2022 Jun 30;21(Suppl 6):381. doi: 10.1186/s12911-022-01913-7. PMID: 35773641; PMCID: PMC9248085

ა(ა)იპ ორგანიზაცია
„ქიმიკა და ადამიანის ჯანმრთელობა“
chem.hum.health@gmail.com



MAKLINE COSMETICS: Science, Nature, and Innovation in Premium Vegan Cosmetics

MAIKO ZAKRADZE

MAKLINE COSMETICS, Georgia

ABSTRACT

Contemporary trends in the cosmetic industry are increasingly driven by evidence-based science, product safety, and the use of natural ingredients. Growing consumer demand for environmentally responsible, vegan, and skin-safe products has significantly influenced the development of cosmetic formulations. One notable Georgian example of this approach is **MAKLINE COSMETICS**, a premium licensed vegan cosmetics brand that integrates pharmaceutical expertise, cosmetic chemistry, international collaboration, and natural ingredients. This paper presents the scientific foundations of the brand, its quality assurance mechanisms, the importance of natural bioactive compounds, and the role of translational approaches in modern cosmetology.

KEYWORDS: cosmetic chemistry; vegan cosmetics; organic ingredients; skin health; dermatology

INTRODUCTION

Over the past decades, cosmetology has evolved into a multidisciplinary scientific field that integrates chemistry, pharmacy, biochemistry, dermatology, and biotechnology. Today's consumers seek more than aesthetic improvements; they expect safety, efficacy, transparency, and scientifically validated products.

Against this background, natural ingredient-based, vegan, and environmentally responsible cosmetic products have attracted considerable attention. MAKLINE COSMETICS represents this modern philosophy by successfully combining scientific innovation with the power of nature.

The Founder and Scientific Vision

MAKLINE COSMETICS was founded by **Maiko Zakradze**, a Bachelor of Pharmacy, internationally recognized cosmetic chemist, and active member of several professional organizations.

She is affiliated with the following professional associations:

- ▲ American Pharmacists Association (USA);
- ▲ Swiss Pharmaceutical Society;

- ▲ Canadian Pharmacists Association;
- ▲ Swedish Pharmaceutical Association;
- ▲ Georgian Association of Dermatology and Cosmetology.

Her professional philosophy is based on the principle that cosmetic products should be developed with the same level of responsibility as pharmaceutical products, ensuring rigorous standards of quality, safety, and efficacy throughout the development process.

International Collaboration and Innovative Formulation

Every MAKLINE COSMETICS product is developed in collaboration with international experts.

The formulation process includes:

- ▲ scientific selection of ingredients;
- ▲ evaluation of chemical compatibility;
- ▲ stability testing;
- ▲ microbiological quality control;
- ▲ dermatological safety assessment;
- ▲ continuous quality monitoring.

According to the company's documentation, all formulations undergo laboratory evaluation and dermatological testing, ensuring both high product quality and consumer safety.

The accompanying photographic materials illustrate modern manufacturing facilities, laboratory research, quality control procedures, and production environments organized according to international standards, demonstrating the brand's strong commitment to innovation and excellence.

The Importance of Vegan and Organic Cosmetics

Modern cosmetology increasingly emphasizes vegan cosmetic products that do not contain ingredients of animal origin.

MAKLINE COSMETICS is positioned as:

- ▲ a premium vegan cosmetic brand;
- ▲ a licensed cosmetic manufacturer;
- ▲ a producer of cosmetics formulated with 100% organic ingredients.

Vegan cosmetics are valued not only for ethical reasons but also because they frequently contain high-quality botanical extracts and bioactive compounds that help preserve the skin's natural barrier function.

Botanical Extracts and Bioactive Compounds

One of the distinguishing characteristics of MAKLINE COSMETICS is its use of carefully selected botanical raw materials sourced from different regions around the world.

These plant-derived extracts contain:

- ▲ polyphenols;
- ▲ flavonoids;
- ▲ terpenoids;
- ▲ essential oils;
- ▲ natural antioxidants.

These bioactive compounds play important roles in:

- ▲ neutralizing free radicals;
- ▲ reducing oxidative stress in the skin;

- ▲ supporting the skin barrier function;
- ▲ providing soothing and moisturizing effects.

Photographic documentation of essential oil distillation and botanical ingredient processing clearly demonstrates the importance of natural active ingredients within the brand's philosophy.

Safety and Quality Control

Product quality and safety have become among the most important considerations for modern consumers.

MAKLINE COSMETICS products are characterized by being:

- ▲ dermatologically tested;
- ▲ ophthalmologically tested (where applicable);
- ▲ laboratory-controlled;
- ▲ supported by official product registration and commercialization documentation;
- ▲ non-comedogenic;
- ▲ nickel-free;
- ▲ gluten-free.

Non-comedogenic formulations are particularly beneficial for individuals with acne-prone or sensitive skin, as they help minimize pore blockage.

Skin Care for Special Needs

Contemporary dermatological practice places increasing emphasis on the care of sensitive and compromised skin.

According to the manufacturer, MAKLINE COSMETICS products are formulated to be sufficiently gentle for sensitive skin and may be suitable for consumers requiring particularly careful skincare routines.

This approach aligns closely with current concepts in dermocosmetology and personalized skincare.

CONCLUSION

MAKLINE COSMETICS represents a successful example of the modern Georgian cosmetics industry, where scientific knowledge, innovation, and natural ingredients are integrated to develop high-quality cosmetic products.

The company's philosophy demonstrates that success in modern cosmetology depends not only on the use of natural ingredients but also on their scientific evaluation, rigorous safety assessment, comprehensive quality control, and international professional collaboration.

The experience of MAKLINE COSMETICS illustrates how the integration of pharmaceutical sciences and cosmetic chemistry can lead to the development of innovative, safe, and consumer-oriented products that meet the expectations of the twenty-first century.

ა(ა)იპ ოჩგანზაცია
„ქიმია და ადამიანის ჯანმრთელობა“
chem.hum.health@gmail.com



Piel Naturals: Integrating Georgian Heritage, Scientific Innovation, and International Quality Standards in Natural Cosmetics

TAMAR LOMADZE

Piel Naturals, Georgia

[*info.pielnaturals@gmail.com*](mailto:info.pielnaturals@gmail.com)

ABSTRACT

The global cosmetics industry is increasingly focused on sustainability, product safety, scientific innovation, and the use of naturally derived ingredients. Consumers are demanding high-quality cosmetic products supported by international quality standards while maintaining environmentally responsible formulations. **Piel Naturals** represents an emerging Georgian cosmetics brand that combines over a century of family heritage with modern cosmetic science, internationally recognized manufacturing standards, and innovative product development. This paper presents the brand's historical background, scientific philosophy, manufacturing quality systems, utilization of Georgian natural resources, and its contribution to the development of contemporary natural cosmetics.

KEYWORDS: natural cosmetics; clean beauty; cosmetic chemistry; GMP; ISO 9001; grape seed oil; Georgia

INTRODUCTION

Natural cosmetics have become one of the fastest-growing sectors of the global beauty industry. Advances in cosmetic chemistry, dermatological research, and quality assurance have enabled manufacturers to develop products that combine efficacy, safety, and sustainability.

Piel Naturals represents a successful example of this modern approach by integrating traditional Georgian knowledge with evidence-based cosmetic science and internationally recognized manufacturing practices.

Historical Heritage and Brand Philosophy

The origins of Piel Naturals date back more than one hundred years to Old Tbilisi, where the brand's inspiration is associated with the renowned skincare specialist known as "Kukla." Her handcrafted cosmetic formulations earned recognition among the local elite for their quality and effectiveness.

Today, this family heritage serves as the foundation of the brand's philosophy, combining traditional knowledge with modern scientific formulation to create safe and effective skincare products.

Scientific Innovation and Natural Ingredients

One of the distinctive features of Piel Naturals is the integration of European cosmetic innovation with Georgia's unique natural resources.

Among its characteristic ingredients is **grape seed oil**, a botanical raw material closely associated with Georgia's 8,000-year-old winemaking tradition. Rich in polyphenols, essential fatty acids, and natural antioxidants, grape seed oil is recognized for its moisturizing, antioxidant, and skin-protective properties, making it a valuable ingredient in modern skincare formulations.

The brand follows the principles of **Clean Beauty**, emphasizing formulations free from parabens, silicones, sulfates, paraffin, and drying alcohols while maximizing the use of naturally derived ingredients.

Quality Assurance and Manufacturing Standards

Product quality and safety remain fundamental priorities in cosmetic manufacturing.

All Piel Naturals products are manufactured in facilities certified according to **ISO 9001:2015** Quality Management Systems and **Good Manufacturing Practice (GMP, ISO 22716)** standards. These internationally recognized certifications ensure product consistency, manufacturing reliability, traceability, and compliance with global cosmetic quality requirements.

Such quality management systems support the development of cosmetic products that meet both regulatory requirements and consumer expectations.

International Business Development

Beyond its own product portfolio, Piel Naturals offers **Private Label** manufacturing services, enabling partners to develop customized cosmetic product lines with technical support, flexible production capacity, and modern formulation technologies.

The brand has established a growing retail presence in Georgia and has expanded its international partnerships through franchise collaborations, distributors, pharmacies, and the hospitality sector, demonstrating the commercial potential of Georgian cosmetic products in international markets.

CONCLUSION

Piel Naturals illustrates how traditional knowledge, natural resources, and modern cosmetic science can be successfully integrated into a competitive cosmetic brand.

The combination of family heritage, internationally certified manufacturing systems, clean

beauty principles, and innovative formulation strategies positions the company as an important representative of the modern Georgian cosmetics industry.

The experience of Piel Naturals demonstrates that scientific innovation and cultural heritage can work together to create high-quality, safe, and internationally competitive cosmetic products that meet the expectations of today's consumers.