

სსიპ - ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტი
ქიმიის დეპარტამენტი



ნონა სურმანიძე

**„ფშატის (*Elaeagnus Umbellata* Thunb.) ნაყოფებისა და ფოთლების
ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ქრომატოგრაფიული კვლევა”**

(წარდგენილია ქიმიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
სპეციალობა: ბუნებრივ ნაერთთა ანალიზი)

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:
ასოცირებული პროფესორი: მაია ვანიძე

ბათუმი

2023

„როგორც წარდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის ავტორი, ვაცხადებ, რომ ნაშრომი წარმოადგენს ჩემს ორიგინალურ ნამუშევარს და არ შეიცავს სხვა ავტორების მიერ აქამდე გამოქვეყნებულ, გამოსაქვეყნებლად მიღებულ ან დასაცავად წარდგენილ მასალებს, რომლებიც ნაშრომში არ არის მოხსენიებული ან ციტირებული სათანადო წესების შესაბამისად“.

ნონა სურმანიძე

დისერტაციის კვლევითი ნაწილი შესრულდა პროექტის ფარგლებში, რომელიც განხორციელდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი PHDF-22-2787 “ფშატის (*Elaeagnus Umbellata*) ნაყოფებისა და ფოთლების ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ქრომატოგრაფიული კვლევა”; გრანტი AP/96/13).

სარჩევი

შესავალი -----	5
1. ლიტერატურული მიმოხილვა -----	11
1.1 ფშატის (<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.) ბიოლოგიური დახასიათება-----	11
1.2 ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები -----	23
1.2.1. ფენოლური ნაერთები -----	23
1.2.2. კაროტინოიდები -----	30
1.2.3. ლიკოპენი -----	34
2. ექსპერიმენტული ნაწილი -----	37
2.1. კვლევის ობიექტი -----	37
2.2. კვლევის მეთოდები -----	39
2.3. ფშატის (<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.) ნაყოფების ტექნიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები -----	46
2.4. ფშატის (<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.) ნაყოფისა და ფოთლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი ულტრა მაღალეფექტური (წნევის) სითხური UPLC-PDA, MS, მაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირებისა HPLC-UV, RI და სპექტრული მეთოდებით -----	49
2.4.1. ფშატის ნაყოფისა და ფოთლის ფენოლური ნაერთების იდენტიფიკაცია -----	49
2.4.2. ფშატის ნაყოფისა და ფოთლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების - საერთო ფენოლების, ფლავონოიდებისა და კატექინების რაოდენობრივი განსაზღვრა და მათი ანტიოქსიდანტური აქტიურობის დადგენა -----	60
2.4.3. ფშატის (<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.) ნაყოფის ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი ულტრა მაღალეფექტური (წნევის) სითხური UPLC-PDA, MS და მაღალი წნევის სითხური HPLC-UV, RI ქრომატოგრაფირების მეთოდით -----	63

2.4.4. ფშატის (<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.) ნაყოფში კაროტინოიდების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი ულტრა მაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების UPLC-PDA, MS და სპექტრული მეთოდებით -----	70
3. დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული ფშატის (<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.) ნაყოფიდან ლიკოპენის ულტრაბგერითი ექტრაქციის მეთოდის ოპტიმიზაცია მწვანე ექსტრაგენტის გამოყენებით -----	72
4. ფშატის (<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.) ნაყოფსა და ფოთოლში კატიონების ქრომატოგრაფიული ანალიზი კონდუქტომეტრული დეტექტორის გამოყენებით -----	82
5. ფშატის (<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.) თესლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები--	85
5.1. სუპერ კრიტიკული წნევის ფლუიდური ექსტრაქციის (SFE) მეთოდით მიღებული ფშატის თესლის ექსტრაქტის თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი -----	85
5.2. ფშატის თესლის ლიპიდური ბუნების ნაერთების კვლევა ინფრაწითელი სპექტროსკოპიისა და აირ-სითხური ქრომატოგრაფის საშუალებით -----	92
დასკვნა -----	98
ლიტერატურა -----	102

შესავალი

თემის აქტუალობა. ფლორისტული თვალსაზრისით, აჭარა ერთ-ერთი მდიდარი რეგიონია არა მარტო საქართველოში, არამედ მთელ ამიერკავკასიაში და დღეს, როდესაც აგრარული სექტორისა და ტურისტული ინფრასტრუქტურის განვითარება მნიშვნელოვანია როგორც რეგიონისთვის, ასევე საერთოდ ქვეყნისთვის, მეტად აქტუალურია რეგიონის ბუნებრივი რესურსების ქიმიური კვლევა და რაციონალური გამოყენება [31,99].

დღეისათვის აჭარის რეგიონში აღირიცხება ველურად მოზარდი 1837 სახეობა, რომლებიც ერთიანდებიან 159 ოჯახსა და 742 გვარში [2].

დღეს, არსებული ეკოლოგიური პირობებიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებით მდიდარი მცენარეული ნედლეულის შესწავლა, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც პროფილაქტიკური, პრევენციული და სამკურნალო საშუალება [32,34,89]. ამ მხრივ საინტერესოა *Elaeagnus L.* გვარის სხვადასხვა სახეობა. მათი კვლევა მიმდინარეობს მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში. გამოყენების სფეროს გაფართოვების მიზნით [64,96,102]. ჩვენში ყველაზე მეტად გავრცელებულია ფშატის *Elaeagnus umbellata Thunb.* სახეობა. ის საქართველოში ინტროდუცირებულ იმ მცენარეთა რიგს მიეკუთვნება, რომლებიც კარგად მოერგო ადგილობრივ კლიმატურ პირობებს როგორც დასავლეთ საქართველოს ზღვისპირა ზოლში, ასევე მაღალმთიან რეგონებში და ხასიათდება კარგი მსხმოიარობით [5,17,92]. მიუხედავად ამისა, მცენარის ქიმიური შედგენილობისა და გამოყენების შესახებ ჩვენი ქვეყნის სინამდვილეში სამეცნიერო ლიტერატურა არ არსებობს ან ძალიან მწირია, თუ არ ჩავთვლით ხალხურ მედიცინას, სადაც მას იყენებენ კუჭ-ნაწლავის დაავადებების, ანთების საწინააღმდეგო, ბრონქიტის დროს ამოსახველებელ, ანტიჰელმინთურ საშუალებად და ვიტამინების შემავსებლად. უცხოურ ლიტერატურაში არსებობს ინფორმაცია ამ გვარის მცენარეთა ბიოლოგიურად აქტიურ ნაერთთა (ალკალოიდები, კაროტინოიდები, გლიკოზიდები, ტერპენოიდები, სტეროიდები, ფლავონოიდები, მინერალური ნივთიერებები, ვიტამინები, ორგანული მჟავები) და სხვა კვლევების

შესახებ [64,96,102]. ამ ნაერთებს გააჩნიათ თერაპიული მკურნალობის ფართო სპექტრი [3,13,47,106,109]. მცენარე განსაკუთრებით მდიდარია ისეთი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთის შემცველობით, როგორცაა ლიკოპენი, რომელიც გამოირჩევა მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობით და ნაკლებად ტოქსიურია [44,90,98,108].

საქართველოში ფშატის ნაყოფი ძირითადად ნედლი სახით მოიხმარება და მისი გადამუშავება ნაკლებად ხდება. ის ჩვეულებრივი ჭალის მცენარეა და ნესტიან ადგილებში იზრდება, მაგრამ ამავე დროს იტანს ხანგრძლივ გვალვებსაც. სწორედ ამიტომ დიდია მისი გავრცელების პერსპექტივა, რაც კიდევ უფრო გაზრდის სახანძრო ბაზას [48,98,100].

აქედან გამომდინარე, მეტად მნიშვნელოვანია, ფშატის, როგორც ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებით მდიდარი რესურსის შესწავლა და მისი, როგორც ფუნქციური პროდუქტების ნედლეულის წარმოების, პერსპექტივის განსაზღვრა.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა – თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური და ინსტრუმენტული მეთოდების გამოყენებით შეგვესწავლა მცენარი ფშატის მნიშვნელოვანი ქიმიური ნაერთების: ფენოლური ნაერთების, ნახშირწყლების, ორგანული მჟავების, კაროტინოიდებისა და მინერალური ნივთიერებების თვისობრივი და რაოდენობრივი შემცველობა HPLC-UV, Vis; RI, კონდუქტომეტრული და UPLC-PDA, MS მეთოდების, სხვადასხვა პრეპარატული და ანალიზური სვეტების, სორბენტისა და გამხსნელის გამოყენებით, ფშატის ნაყოფისგან „მწვანე“ ექსტრაგენტის და ულტრაბერითი ექსტრაქციის მეთოდით ლიკოპენშემცველი პრეპარატის მიღების ოპტიმალური პირობების დადგენა და ხარისხობრივი მახასიათებლების განსაზღვრა, ფშატის თესლიდან სუპერფლუიდური ექსტრაქციითა და ოპტიმალური ექსტრაგენტის შერჩევით ზეთის მიღება და მათი ხარისხობრივი მახასიათებლების დადგენა ინფრაწითელი სპექტროსკოპიისა და აირ-სითხური ქრომატოგრაფიის (TRACE™ 1310 Gas Chromatograph - Thermo Scientific) საშუალებით, მიღებული ექსტრაქტებისა და პროდუქტების ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრა DPPH მეთოდით.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა მცენარე ფმატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფი და ფოთოლი. ნიმუშები აღებულ იქნა სამომხმრებლო სიმწიფის პერიოდში, ოქტომბრის ბოლოს, ნოემბრის დასაწყისში (4 წლის განმავლობაში 2015-2019) საქართველოს ოთხ სხვადასხვა რეგიონში ზღვის დონიდან განსხვავებულ სიმაღლეზე, სულ 10 ნიმუში, კერძოდ, სამეგრელო, იმერეთი, გურია და აჭარა.

კვლევის მეთოდოლოგია – ფმატის ნაყოფის რბილობის, ფოთლის, თესლისა და მისგან წარმოებული პროდუქტების ქიმიური ანალიზი ჩატარდა თანამედროვე ინსტრუმენტული მეთოდების გამოყენებით.

1. ფენოლური ნაერთების იდენტიფიკაცია ულტრამაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების UPLC-PDA, MS მეთოდით;
2. ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების თვისობრივი ანალიზი ულტრამაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების UPLC-PDA, MS მეთოდით;
3. ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების რაოდენობრივი ანალიზი მაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების HPLC-UV, Vis; RI მეთოდით;
4. კატიონების განსაზღვრა HPLC– Conductivity მეთოდით;
5. β კაროტინისა და ლიკოპენის თვისობრივი ანალიზი ულტრამაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების UPLC-PDA, MS მეთოდით;
6. β კაროტინისა და ლიკოპენის რაოდენობრივი განსაზღვრა სპექტრული მეთოდით;
7. ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრა (2,2-დიფენილ-1-პიკრილ ჰიდრაზილის სტაბილური რადიკალის გამოყენებით) DPPH მეთოდით;
8. საერთო ფენოლების რაოდენობის განსაზღვრა ფოლინ-ჩიოკალტეუს მეთოდით (Folin-Ciocalteu) (გალის მჟავაზე გადაანგარიშებით);
9. ფლავონოიდების რაოდენობრივი განსაზღვრა სპექტრული მეთოდით ($AlCl_3$ -ის რეაქტივი, რუთინზე გადაანგარიშებით);
10. კატექინების რაოდენობრივი განსაზღვრა ვანილინის რეაქტივის საშუალებით, სპექტრული მეთოდით;

11. ზეთის კვლევა ინფრაწითელი სპექტროსკოპიისა (Agilent) და აირ-სითხური ქრომატოგრაფიის (TRACE™ 1310 Gas Chromatograph - Thermo Scientific) საშუალებით.
12. ცალკეულ ნივთიერებათა ექსტრაქციისათვის გამოყენებულ იქნა სუპერ კრიტიკული წნევის ფლუიდური (SFE Waters, USA) და ულტრაბგერითი ექსტრაქცია (Hielscher-UP 400St ultrasonic processor, Germani).
13. მშრალი ნივთიერების განსაზღვრა - რეფრაქტომეტრული მეთოდით (AOAC 2005 Official Method);
14. აქტიური მჟავიანობის-pH განსაზღვრა (AOAC 2005 Official Method);
15. ტიტრული მჟავიანობის განსაზღვრა (AOAC 2005 Official Method).
16. წყლისა და მშრალი ნივთიერების განსაზღვრა - სტანდარტული, თერმოგრავიმეტრიული მეთოდით (AOAC 2005 Official Method);
17. სტატისტიკური ანალიზი: თითოეულ მონაცემზე გამოთვლილი იქნა სტანდარტული ცდომილება Excel-ის პროგრამის გამოყენებით. სარწმუნოების კოეფიციენტი $p \leq 0.05$.

სამეცნიერო სიახლე – საქართველოში პირველად ჩატარდა გვარი *Elaeagnus L.*-ს გავრცელებული სახეობის ფშატის *Elaeagnus umbellata Thunb.* ნაყოფისა და ფოთლის ქიმიური შედგენილობის კვლევა, მათი გამოყენების პესპექტივების გათვალისწინებით. თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური და ინსტრუმენტული მეთოდებით - მაღალეფექტური (წნევის) სითხური HPLC-UV, RI, Conductometry და UPLC-PDA, MS მეთოდების მეშვეობით შესწავლილ იქნა მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტიურობის მქონე 21 ფენოლური ნაერთი, 2 კაროტინოიდი, 3 ნახშირწყალი, 4 ორგანული მჟავა და 5 კატიონი. განსაზღვრა ნაერთთა რაოდენობრივი შემცველობა. პირველად დადგინდა ფშატის ნაყოფისგან „მწვანე“ ექსტრაგენტისა და ულტრაბგერითი ექსტრაქციის მეთოდით ლიკოპენშემცველი პრეპარატის მიღების ოპტიმალური პირობები და განსაზღვრა მიღებული პრეპარატის ხარისხობრივი მახასიათებლები. შესწავლილი იქნა თესლის და მისგან სუპერ კრიტიკული წნევით ფლუიდური ექსტრაქციით მიღებული

ზეთის ქიმიური შედგენილობა ინფრაწითელი სპექტროსკოპიისა და აირ-სითხური ქრომატოგრაფიის (TRACE™ 1310 Gas Chromatograph - Thermo Scientific) გამოყენებით.

ნაშრომის თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა – კვლევის შედეგები წარმოადგენს მოცემული ბიოლოგიური ობიექტის ახალი პროფილაქტიკური, პრევენციული პრეპარატებად გამოყენების მეცნიერულ საფუძველს. აღნიშნულ კვლევებს ექნება არა მარტო სამეცნიერო, არამედ პრაქტიკული და სოციალური ღირებულება. კერძოდ, კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, ეს მცენარე უფრო პერსპექტიული და აღიარებული გახდება, როგორც ახალი სანედლეულო წყარო. რადგანაც მცენარე ნაკლებ მოთხოვნადია ნიადაგისადმი და წარმატებით გამოიყენება ჩამორეცხილ მიწებზე ნიადაგის დასაცავად, მეწყერსაშიშ ზონებში გაიზრდება მისი გავრცელების პერსპექტივა და ის სოფლის მკვიდრთათვის იქნება დამატებითი შემოსავლის წყარო.

სამუშაოს აპრობაცია - კვლევის შედეგები ასახულია 1 სამეცნიერო სტატიასა და 4 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალებში.

გამოქვეყნებული სამეცნიერო შრომები:

1. Surmanidze, N., Diasamidze, M., Vanidze, M., kalandia, A. (2021). Prospects for the use of physiologically active compounds of *Elaeagnus umbellata*. International Journal of Life Sciences (ISSN: 2277-193x), Vol. 10. No.3. pp. 46–51;
2. Surmanidze, N., Vanidze, M., kalandia, A. (2022) *Elaeagnus umbellata* fruits and leaves biologically active compounds. Ivane Javakhishvili Tbilisi State University. American chemical society, „3rd International Symposium 2022”. pp.9
3. ნონა სურმანიძე, მაია ვანიძე, ალექო კალანდია. (2019). ფშატის (*Elaeagnus L.*) ნაყოფის ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების ქრომატოგრაფიული ანალიზი. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, I საერთაშორისო სამეცნიერო–პრაქტიკული კონფერენცია „ახალი ინიციატივები”. 121–128.
4. Shonia, A., Surmanidze, N., Khakhutaishvili, M., Vanidze, M., Kalandia, A. (2019). Bioactive compounds of some fruit common in Adjara. Journal of Biotechnology 305, S67.

5. Vanidze, M., Surmanidze, N., Putkaradze, J., Kartsivadze, I., Djaparidze, I., Kalandia, A. (2017). Antioxidants of Introductory and Endemic Plants in Georgia, International Natural and Health Science Conference (INHSC2017). Antalya/Turkey. pp 131- 139.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა – დისერტაცია შედგება 113 ნაბეჭდი გვერდისაგან, დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის გაფორმების ინსტრუქციის მიხედვით და მოიცავს სატიტულო და ხელმოწერების გვერდებს, შინაარსს, სურათს 72, ცხრილის ნუსხას 16, დიაგრამას 8, გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას 114 ერთეულს. ძირითადი ტექსტის შემადგენლობაშია: შესავალი, ლიტერატურული მიმოხილვა, ექსპერიმენტული ნაწილი, შედეგების განსჯა, დასკვნა და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალი.

1. ლიტერატურული მიმოხილვა

1.1. ფშატის (*Elaeagnus Umbellata Thunb.*) ბიოლოგიური დახასიათება

Elaeagnaceae არის *Oleaster* ოჯახი, რიგით - *Rosales*, რომელიც მოიცავს დაბალ ხეებსა და ბუჩქებს, მოპირდაპირედ განლაგებული ფოთლებით. ზოგიერთ სახეობას ფოთლების ქვეშ აქვს პატარა ნარინჯისფერი წერტილები. დამახასიათებელია ხშირი ყვავილები, უმეტესად ორსქესიანი, მაგრამ ზოგჯერ ცალსქესიანიც. ნაყოფი კენკროვანია ერთი თესლით, ნაცრისფერი ან წითელ-ნარინჯისფერი, რაც ამ ოჯახისათვის არის დამახასიათებელი. გავრცელებულია ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ზომიერი რეგიონებში, სამხრეთით ტროპიკულ აზიასა და ავსტრალიაში [24,62,91].

Elaeagnaceae ცნობილია სამი გვარითა (*Hippophae*, *Shepherdia*, *Elaeagnus*) და 70-80 სახეობით [15,24,66,95]. *Elaeagnus*-ის სახეობები მდიდარია ისეთი ქიმიური ნაერთებით, როგორცაა ფლავონოიდები, ფენოლკარბონმჟავები, კაროტინოიდები, ტერპენოიდები, ლიგნანოიდები, ორგანული მჟავები, კუმარინები, ალკალოიდები, სტეროიდები, ვიტამინი C, ლიკოპენი და პოლიფენოლები. მათ გააჩნიათ ანტიოქსიდანტური, ანტიდიაბეტური, ანტიბაქტერიული, დამამშვიდებელი, ანტიდიარეული, კიბოს, ანთების საწინააღმდეგო, ჰეპატოპროტექტორული, ნეიროპროტექტორული და ანტიამნეზიური ეფექტი. აქედან გამომდინარე, ისინი ფართოდ გამოიყენება სამკურნალო და პროფილაქტიკური დანიშნულებით [3,37,67,80,110–113]

Elaeagnaceae ოჯახის, *Elaeagnus* გვარის ერთერთი სახეობა *Elaeagnus umbellata* Thunb. - ფშატი, რომელიც როგორც სხვადასხვა გარემო პირობებში ადვილად მზარდი მცენარე [18], კულტივირებულია ჩრდილოეთ აზიის ტერიტორიებიდან ჰიმალაიმდე და ასევე ევროპაში [3,67].

ფშატი *Elaeagnus umbellata* Thunb. – აღწერა

ზომა და ფორმა – საშუალო ან დიდი ზომის ბუჩქია 6 მ-მდე სიმაღლის და 9 მ სიგანის (სურათი 1).



სურათი 1. ფშატი *Elaeagnus umbellata* Thunb.

ფოთლები – ალტერნატიული განლაგებით, მარტივი, ელიფსური, ტალღოვანი და მთლიანია. სიგრძე 2.5–10 სმ და სიგანე 1–4 სმ-მდე. ზემოდან ღია მწვანე ან მოყავისფრო-მომწვანოა, ხოლო ქვემოდან მკაფიოდ ვერცხლისფერი/ქერცლოვანი, რაც მათ ლაქოვან იერს აძლევს. ისინი ჩვეულებრივ გვიან ჩნდება აპრილში ან მაისის დასაწყისში (სურათი 2).



სურათი 2. ფშატი *Elaeagnus umbellata* Thunb. – ფოთლები

ქერქი – მცენარის ასაკის მატებასთან ერთად ღეროს ქერქი ხდება უფრო ბოჭკოვანი და იცვლის ფერს ღიადან მუქ ნაცრისფრამდე (სურათი 3) [20,114].



სურათი 3. ფშატი *Elaeagnus umbellata* Thunb. – ქერქი

ყვავილები – მცენარეს აქვს სურნელოვანი კრემისფერი ან ღია ყვითელი მილისებრი ყვავილები, ჩვეულებრივ 4-10 მმ სიგრძისა და 7 მმ დიამეტრით. თითოეულ ყვავილს აქვს ოთხი ფოთოლი და ოთხი მტვრიანა. ისინი განლაგებულია მტევნებად (1-10-მდე) ფოთლის უბეებში. მცენარე ყვავილობს მაისიდან ივნისამდე, იმტვერება მწერებით (სურათი 4) [77,114].



სურათი 4. ფშატი *Elaeagnus umbellata* Thunb.– ყვავილები

ნაყოფი – პატარა 3-9 მმ სიგრძის, მომრგვალო, ერთთესლიანი, წვნიანი, იზრდება მოკლე ღეროებზე. უმწიფარი ნაყოფები ვერცხლისფერია, ყავისფერი ქერქლებით, ხოლო სიმწიფის პერიოდში შეფერილობა გადადის მუქ ვარდისფერ ან წითელ ფერში. ნაყოფი

მწიფდება სექტემბერ–ოქტომბერში (სურათი 5). ნაყოფის თესლი ყვითელია, დაახლოებით 3–9 მმ სიგრძის (სურათი 6) [114].



სურათი 5. ფშატი *Elaeagnus umbellata* Thunb.– ნაყოფი



სურათი 6. ფშატი *Elaeagnus umbellata* Thunb.– თესლი

ფესვები – ფესვებზე არსებულ კოჭრებში მცხოვრები ბაქტერიები ახდენენ ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის ფიქსირებას, ამიტომ მცენარე ნიადაგს აზოტით ამდიდრებს [7, 27,57,114].

ფშატი ჩვეულებრივი ჭალის მცენარეა და ნესტიან ადგილებში იზრდება: მდინარეთა ნაპირებზე, ჭალებში, ტყეებსა და ღელეებში, გზის პირებზე, ღობეებისა და სარწყავი არხების გასწვრივ, მაგრამ იტანს სიმშრალესაც ხანგრძლივი გვალვების დროს. იზრდება ჩვეულებრივ მთის ქვედა, ზოგჯერ შუა სარტყელში. აშენებენ ბაღებსა და პარკებში [18,63,71,110]. ხშირად ველურდება. ადვილად მრავლდება თესლით, ფესვის ნაბარტყით, კალმებითა და ძირკვის ამონაყარით. კარგად იტანს წყლით დროებით დატბორვას, ნიადაგის დამლაშებას. მისი ფესვები მარილებს არ ითვისებს, ამიტომ მიწის ზედა ნაწილებში მარილების დაგროვება არ აღინიშნება [3,8,40].

ფშატი ადრე გაზაფხულზე იძლევა ფოთლებს, რომლებიც მცენარეზე რჩება გვიან შემოდგომამდე. აყვავებული კვირტი ფოთლის უბეებში ჩნდება ფოთლების გახსნისთანავე და ყვავის მაისიდან ივნისამდე.

მცენარე იზრდება ძალიან სწრაფად. სქესობრივი მომწიფება უკვე სამი წლის ასაკში ხდება, რის შემდეგაც ყოველწლიურად იძლევა ნაყოფს. ბუჩქს, როგორც წესი, აქვს პროდუქტიული სიცოცხლის ხანგრძლივობა 40 წლამდე.

ფშატის წვნიანი, მრგვალი, კენკრის მსგავსი ნაყოფი მწიფდება სექტემბრის ან ოქტომბრისთვის და მცენარეზე რჩება ზამთრის თვეებშიც. ზრდასრული ხეები, როგორც წესი, იძლევა 14 კგ-მდე ნაყოფს წელიწადში (66000-მდე თესლით), თუმცა არსებობს ხეები, რომლებიც წელიწადში 36 კგ-მდე ნაყოფს იძლევა.

Elaeagnus umbellata Thunb. ნაყოფის მაღალი სამკურნალო და კვებითი ღირებულებიდან გამომდინარე განსაკუთრებით კულტივირებული მცენარეა პაკისტანში, ჩინეთში, იაპონიაში, კორეაში, ავღანეთში, ინდოეთში, აშშ-სა და კანადაში [38,56,84,112]. თურქეთში გავრცელებულია *elaieagnus*-ის სხვადასხვა სახეობები, მათ შორის *elaieagnus umbellata*, სადაც მას აქვს როგორც დეკორატიული, ასევე სამკურნალო და კვებითი ღირებულება [73].

მსოფლიოს მოსახლეობის დაახლოებით 70–80% იყენებს მცენარეებს სამედიცინო დანიშნულებით სხვადასხვა დაავადებების სამკურნალოდ. მცენარეებით მკურნალობა მათი კულტურის განუყოფელი ნაწილია. აქედან გამომდინარე, ფიტოქიმიური კვლევები აუცილებელია მცენარეული მედიკამენტების მრავალი ფარმაკოლოგიური თვისების შესაფასებლად. მცენარეთა კვლევები ტარდება სხვადასხვა დაავადების პრევენციის ან მკურნალობისათვის პოტენციური ბუნებრივი რესურსების გამოსავლენად [30,51,110].

ორგანიზმში თავისუფალი რადიკალებისა და პროოქსიდანტების წინააღმდეგ უჯრედების თავდაცვითი სისტემები შეიძლება იყოს შინაგანი (ფერმენტული და არაფერმენტული) ან გარეგანი საკვები ნივთიერებები (ვიტამინები, კაროტინოიდები, ფლავონოიდები და სხვ.). როდესაც ბუნებრივი დაცვით ვერ ხერხდება

პროოქსიდანტების განეიტრალება, უჯრედშიდა მაკრომოლეკულები (ცილები, ლიპიდები და ნუკლეინის მჟავები) ექვემდებარებიან ჟანგვას, რომელიც იწვევს უჯრედის დაზიანებას. კვლევებმა აჩვენა, რომ ბოსტნეულის და ხილის უხვი რაოდენობით მიღება უკავშირდება გულ-სისხლძარღვთა დაავადებებისა და კიბოს გარკვეული რისკის შემცირებას. ბოლო წლებში ბუნებრივი ბიოაქტიური, მეორადი მეტაბოლიტები გამოიყენება სხვადასხვა ფორმით, როგორც დამცავი რეაგენტები კიბოს პროფილაქტიკაში. გაიზარდა ფარმაცოლოგიური კვლევები ქიმიური კონსერვანტებისა და ბუნებრივი პროდუქტების მიმართ, რომლებიც აფერხებენ კიბოს გავრცელებას ცოცხალ ორგანიზმში [73, 79].

ბიოლოგიური სკრინინგი არის მნიშვნელოვანი ნაბიჯი სამკურნალო მცენარეების აქტიურობის შესაფასებლად. ამჟამად ხშირად გამოიყენებენ უმაღლესი მცენარეებიდან მიღებულ პრეპარატებს, რომლებიც სინთეზური ანალოგებიდან განსხვავებით იაფია და არ გააჩნიათ გვერდითი ეფექტები. აქედან გამომდინარე, იზრდება მოთხოვნა სხვადასხვა აქტიურობის მქონე ბუნებრივ ნაერთებსა და მათ სანედლეულო წყაროებზე. ამ მხრივ, ძალიან საინტერესოა ფენოლური ნაერთები, რომლებსაც აქვთ მრავალი ბიოლოგიურად აქტიური თვისება, როგორცაა: ანტიკანცეროგენული, ანტიალერგიული, ანტიმიკრობული, ანთების საწინააღმდეგო და ანტიოქსიდანტური. ცნობილია, რომ ეს ბუნებრივი ნაერთები აფერხებენ ჯაჭვურ რეაქციებს კიბოს, გულ-სისხლძარღვთა, იმუნოლოგიური სისტემისა და დეგენერაციული დაავადებების დროს [50].

ძალიან ბევრ ქვეყანას (პაკისტანი, ჩინეთი, იაპონია, ინდოეთი, კორეა), კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე, გააჩნია მდიდარი ფლორა, რომელიც დაახლოებით 6000 ველურ სახეობას მოიცავს და მათგან 600-ზე მეტი სამედიცინო დანიშნულებისაა. ერთ-ერთი მათგანია ფშატიც [47,61].

მცენარე ფშატი მდიდარია ისეთი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების შემცველობით, როგორცაა: ფენოლები, ფლავონოიდები, მინერალური ნივთიერებები, ვიტამინები (A, C, E), ორგანული მჟავები, კაროტინოიდები, ალკალოიდები,

გლიკოზიდები, ტერპენოიდები, სტეროიდები, და სხვა. ეს ნაერთები ფლობენ თერაპიული მოქმედების ფართო სპექტრს [3,6,33,47,64].

იტალიის ქალაქ ტურინის უნივერსიტეტში, სოფლის მეურნეობის, სატყეო და კვების მეცნიერებათა დეპარტამენტში ჩატარდა კვლევები *Elaeagnus umbellata* Thunb.-ის ფიტოქიმიური და ბიოაქტიური შემადგენლობის შესახებ, შესწავლილი ნივთიერებები განხილეს, როგორც ორგანიზმში სხვადასხვა არასასურველი პროცესების პრევენციული ნაერთები. სამუშაოში შესწავლილი იქნა პოლიფენოლური ნაერთები, ორგანული მჟავები, მონოტერპენები და ვიტამინი C. კვლევების შედეგად დადგინდა, სფეროსებური ნაყოფების საშუალო მასა $0,32 \pm 0,02$, სიგრძე $6,92 \pm 0,11$ მმ, სიგანე $6,46 \pm 0,08$ მმ, მშრალი ნივთიერება $16,23 \pm 0,15\%$, ტიტრული მჟავიანობა $342 \pm 79,37$, pH $3,53 \pm 0,2$, საერთო პოლიფენოლები $325,366 \pm 13,019$ მგ/100გ (გალის მჟავაზე და ნედლ მასაზე გადაანგარიშებით), საერთო ანტოციანინები $194,992 \pm 0,817$ მგ/100გ (ნედლ მასაზე), ანტიოქსიდანტური აქტიურობა $20,031 \pm 1,214$ (mmol Fe²⁺/kg). ორგანული მჟავებიდან იდენტიფიცირებული იყო 6 მჟავა, ლიმონმჟავა $370,15$ მგ/100გ, ვაშლის მჟავა $382,43$ მგ/100გ, ქვინის მჟავა $468,83$ მგ/100გ, ღვინის მჟავა $117,77$ მგ/100გ, მჟაუნმჟავა $60,69$ მგ/100გ და ქარვის მჟავა $490,58$ მგ/100გ (ნედლ მასაზე). ბიოაქტიური ნაერთებიდან ნაპოვნია, მონოტერპენოიდები: ლიმონენი $34,34$ მგ/100გ, ფელანდრინი $8,33$ მგ/100გ, საბინინი $26,16$ მგ/100გ, γ -ტერპინენი $28,90$ მგ/100გ, ტერპინოლენი $15,59$ მგ/100გ. ვიტამინი C – ასკორბინის მჟავა $5,66$ მგ/100გ, დეჰიდროასკორბინის მჟავა $23,46$ მგ/100გ. დარიჩინის მჟავები: კოფეინის მჟავა $0,78$ მგ/100გ, ქლოროგენის მჟავა $10,93$ მგ/100გ, კუმარის მჟავა $5,82$ მგ/100გ, ფერულის მჟავა $1,32$ მგ/100გ. ფლავონოლები: ჰიპეროზიდი $7,20$ მგ/100გ, იზოკვერციტრინი $0,10$ მგ/100გ, კვერციტრინი $0,15$ მგ/100გ, კვერცეტინი $8,95$ მგ/100გ, რუტინი $0,76$ მგ/100გ. მჟავებიდან: ელაგის მჟავა $5,50$ მგ/100გ, ვაშლის მჟავა $0,16$ მგ/100გ. კატექინები: კატექინი $1,62$ მგ/100გ, ეპიკატექინი $3,38$ მგ/100გ. ტანინები – კასტალაგინი $5,0$ მგ/100გ, ვესკალაგინი $24,54$ მგ/10გ [29].

ესპანეთის სამეცნიერო ლიტერატურაში გვხვდება კვლევები *Elaeagnus umbellata* Thunb.-ის ნაყოფებსა და ფოთლებში ფენოლური ნაერთების შემცველობის შესახებ.

ანალიზისთვის გამოყენებული იქნა ლიოფილურად გამშრალი ნიმუშები. ექსტრაქტებში ფიტოქიმიური შემადგენლობის ანალიზი ჩატარდა HPLC-ESI MSn-ით უარყოფითი და დადებითი იონიზაციის რეჟიმის გამოყენებით. კვლევებით დადგენილია, რომ ნაყოფი მდიდარია ფლავონოლებით, ხოლო ფოთლები ფლავონოლებითა და ელაგოტანინებით. განხილულია ასევე ფშატის ფერმენტულ ინჰიბიტორული თვისებები, ანტიგლიკაციისა და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა. კვლევის შედეგად ფშატის ნაყოფებსა და ფოთლებში HPLC-DAD-ით რაოდენობრივად შეფასდა ოცდათექვსმეტი ფენოლური ნაერთი. ფენოლური ნაერთების რაოდენობრივი შემცველობა მერყეობდა 5.56-დან 40.35 მგ/გ-მდე. ნაყოფში დიდი რაოდენობით წარმოდგენილი იყო ფლავონოლები (78.8%), რასაც მოჰყვებოდა ელაგოტანინები (9%), ფლავონები (7,8%), ფლავან-3-ოლები (2,7%) და ჰიდროქსიცინამინის მჟავები (1,8%). ნაყოფში დომინანტურ ნაერთს წარმოადგენდა კემფეროლ-O-(კუმაროილ) ჰექსოზიდი (37.2%), გარდა ამისა, ასევე იდენტიფიცირებული იყო კვერცეტინ-O-პენტოზიდი (8.4%) და კემფეროლ-O ჰექსოზიდი (6.1%). განსხვავებული შემადგენლობა დადასტურდა ფოთლების შემთხვევაში: ელაგოტანინები (56.8%), ფლავონოლები (40.7%), ჰიდროქსიცინამინის მჟავები (5.2%), ფლავან-3-ოლი (2.1%). ფოთლებში ძირითად ნაერთებს წარმოადგენდა ბი-ჰექსაჰიდროქსიდიფენოილ-O-ჰექსოზიდი (26.7%), კვერცეტინ-O-(პენტოზილ) ჰექსოზიდი (12.5%), გალოილ-ჰექსაჰიდროქსიდიფენოილ-O-ჰექსოზიდი (15.5%) და იზორამნეტინ-O-(პენტოზილ) ჰექსოზიდი (9.30%). დადგენილია, რომ ქლოროგენის მჟავა, კვერცეტინი და ეპიგალოკატეჩინგალატი, წარმოადგენენ კენკრის ძირითად ფენოლურ ნაერთებს. გალის მჟავა, კემპფეროლი, რუტინი, ნეოჰესპერიდინი და ელაგის მჟავა დომინანტურია ფოთლის ექსტრაქტებში. შესწავლილია აგრეთვე ნაყოფებისა და ფოთლების ექსტრაქტების ზეგავლენა შაქრიანი დიაბეტის წინააღმდეგ. ცნობილია, რომ შაქრიანი დიაბეტის სიხშირე ეპიდემიურად იზრდება მთელ მსოფლიოში და, სავარაუდოდ, 600 მილიონ ადამიანს მიაღწევს 2035 წლისთვის. ფიზიკური აქტიურობის ნაკლებობა და გადაჭარბებული ნახშირწყლებით და/ან ცხიმებით მდიდარი საკვების მიღებამ ხელი შეუწყო მე2 ტიპის დიაბეტის განვითარებას. ამ მეტაბოლური მდგომარეობის ძირითადი

ნიშნებია ჰიპერგლიკემია (სისხლში შაქრის დონის მომატება), რაც გამოწვეულია ინსულინის სეკრეციის დარღვევებით. ქრონიკულმა ჰიპერგლიკემიამ შეიძლება გამოიწვიოს გართულებები, რომელიც ზეგავლენას მოახდენს გულსისხლძარღვთა, თირკმელების, ნევროლოგიურ და ვიზუალურ სისტემებზე. ნაყოფი ახლახან იქნა აღიარებული როგორც „სუპერ საკვები“ მათი უნიკალური და შესამჩნევი ფენოლური შემცველობის გამო და ასოცირებულია ჯანმრთელობის ხელშემწყობ ფაქტორად (ანტიოქსიდანტი, ანთების საწინააღმდეგო, დიაბეტის საწინააღმდეგო და ა.შ.). მათი ანტიდიაბეტური ეფექტები მოიცავს გლუკოზის გარდაქმნისა და შეწოვის რეგულირებას, ოქსიდაციური სტრესის და ანთების შემცირებას, პროტეინის გლიკაციის პრევენციასა და სხვა. აქედან გამომდინარე, ფშატის ნაყოფის მოხმარება შეიძლება იყოს მარტივი, უსაფრთხო და ეკონომიური საკვები ჰიპერგლიკემიისა და მასთან დაკავშირებული გართულებების წინააღმდეგ [43,64,96].

მცენარის კვლევები ინტენსიურად ტარდება აშშ-ც. ბელტსვილის სასოფლო - სამეურნეო კვლევით ცენტრში შესწავლილი იქნა *Elaeagnus umbellata* Thunb.-ის სხვადასხვა გენოტიპის ქიმიური შემადგენლობა, ანტიოქსიდანტური აქტიურობა, საერთო ფენოლებისა და კაროტინოიდების შემცველობა. კვლევის შედეგად დადგენილი იქნა, რომ საერთო ფენოლების შემცველობა მერყეობდა 168,9–258,1 მგ/100გრ (ნედლ მასაზე), კაროტინოიდები 43,4–59,3 მგ/100გრ (ნედლ მასაზე), ანტიოქსიდანტური აქტიურობა 2,42–4,76 (ED₅₀). ნახშირწყლებიდან დომინანტს წარმოადგენდა ფრუქტოზა 48,7–78,0 მგ/100გრ, გლუკოზა 38,6–65,3 მგ/100გრ, საქაროზა 0,62–1,12 მგ/100გრ. ორგანული მჟავებიდან გვხვდება ვაშლის მჟავა 2,02–6,88 მგ/100გრ, ქვინის მჟავა 0,07–0,29 მგ/100გრ, ლიმონმჟავა 0,02–0,04 მგ/100 გრ (ნედლ მასაზე) [102].

ასევე, სხვა ლიტერატურული წყაროების მიხედვით, ფშატის ნაყოფებში ორგანული მჟავებიდან გვხვდება: ლიმონმჟავა 370,15 მგ/100გ, ვაშლისმჟავა 382,43მგ/100გ, მჟაუნმჟავა 60,69მგ/100გ, ქარვის მჟავა 490,58მგ/100გ, ქვინის მჟავა 468,83 მგ/100გ და ღვინის მჟავა 117,77 მგ/100გ [3].

ვარშავის სიცოცხლის მეცნიერებათა უნივერსიტეტი (პოლონეთი) (2021წ.) – შესწავლეს ევროპაში, ცენტრალურ პოლონეთში აღებული ფშატის ნაყოფები. მიუხედავად განსხვავებული კლიმატური პირობებისა და გავრცელების ადგილებისა, ნაყოფებს აქვს მსგავსი ქიმიური შემადგენლობა და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა, განსაზღვრა ფშატის ცხიმის მჟავური შემადგენლობა, ნაჩვენებია, რომ უჯერი ცხიმოვანი მჟავების შემცველობა შეადგენს მთლიანი ცხიმის 88,67%-ს. შესწავლილია ცხიმში ხსნადი ვიტამინები, აგრეთვე ლიკოპენი, β კაროტინი და ნაყოფის მინერალური შემადგენლობა. დადგენილი იქნა, რომ ფშატის ნაყოფი კაროტინოიდების შესანიშნავი წყაროა, რომელთა შორის განსაკუთრებული ყურადღებას იმსახურებს ლიკოპენი. მისი შემცველობა 5-18-ჯერ მეტი იყო (დამოკიდებულია ჯიშზე) ვიდრე პომიდორში, რომელიც არის ლიკოპენის ძირითადი წყარო ადამიანისათვის. სპექტროფოტომეტრით განსაზღვრული იქნა ფშატის ნაყოფში მინერალების შემცველობა: კალციუმი Ca - 4.65, მაგნიუმი Mg - 604.33, რკინა Fe -28.17, ფოსფორი P -2874.67, სელენი Se <2.00 და თუთია Zn -18.37 მგ/კგ (მშრალ მასაზე. მშრალი ნივთიერება 30,94%, პროტეინი 4,97%, ცხიმი 2.13%. ფშატის თესლში დომინანტურ ცხიმოვან მჟავას წარმოადგენს ოლეინის მჟავა (C18:1 n-9)–23,4%, ლინოლის მჟავა (C18:2 n-6) – 52,2%, და α-ლინოლენის მჟავა (C18:3, n-3) –12,2% [109].

აზად ქაშმირი (პაკისტანი) – საუნივერსიტეტო, სოფლის მეურნეობის კოლეჯი- შესწავლილი იქნა ფშატის ნაყოფების მორფოლოგიური და ბიოქიმიური შემადგენლობა. ნაშრომში დასაბუთებულია, რომ მცენარის კენკრა მდიდარია ვიტამინებით, ფლავონოიდებით, ეთერზეთით, ლიკოპენითა და სხვა ბიოაქტიური ნაერთებით. შედარებულია ფშატის ხუთი პოპულაცია სხვადასხვა რაიონიდან. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ნაყოფი შეიცავს ვიტამინ C-ს (13,8-16,9 მგ/100 გ), რედუცირებულ შაქარს (6.8-8.4%), არარედუცირებულ შაქარს (1.4-2.2%), ცილას (2.5-5.1%), ასევე განსაზღვრულია თესლში (5,7-6,1%) და რბილობში (7,6- 8.1%) ცხიმის შემცველობა. ფოთლებში განისაზღვრა ქლოროფილის შემცველობა (5.3-6.8%), ასევე მინერალური ელემენტები: კალიუმი (175-375 ppm), ნატრიუმი (20-40 ppm), კალციუმი (70-110 ppm),

მაგნიუმი (70-86,6 ppm), რკინა (78,5-95 ppm) და ფოსფორი (110-133 ppm). კვლევის შედეგად დამტკიცდა რომ კენკრა, წარმოადგენს ქიმიური და მინერალური ელემენტების მდიდარ წყაროს [87].

პაკისტანის მეცნიერულ კვლევებში *Elaeagnus umbellata* Thunb-ისგან იდენტიფიცირებული იქნა 2-(1-ჰიდროქსი-2-მეთილპროპილ)-3-(2-ჰიდროქსიეთილ)-1-მეთილ-1H-ინდოლ-4,7 დიოლი (1) დაკავშირებული ინდოლის ალკალოიდის და პროპილ 4-(3,4-დიჰიდროქსიპეპსილ) ბენზოატი დაკავშირებული არომატული ეთერების კლასთან. ნაერთების ქიმიური სტრუქტურები განისაზღვრა MS, UV, IR და NMR სპექტროსკოპიით. პირველი ნაერთის ულტრაიისფერი სპექტროსკოპიით დაფიქსირებული შთანთქმის მაქსიმუმებია 226, 279 და 300ნმ, ინფრაწითელი სპექტროსკოპიით 3429, 3026, 2876 და 1610 სმ⁻¹, რაც მიუთითებს O-H, არომატული C-H და ალიფატური C-H ბმის არსებობაზე. ნაერთის მოლეკულურ ფორმულას წარმოადგენს C₁₅H₂₁NO₄, მასით m/z 279,1465. მეორე ნაერთის შთანთქმის მაქსიმუმებია 242ნმ, 275 ნმ და 283 ნმ, ინფრაწითელი სპექტროსკოპიით 3435 სმ⁻¹ და 3074 სმ⁻¹, რაც მიუთითებს O-H და არომატული C-H, ალიფატური გაჯერებული C-H და α, β-უჯერი ესტერი C=O ბმების არსებობაზე. ნაერთის მოლეკულურ ფორმულას წარმოადგენს C₁₆H₂₄O₄, მასით m/z 280,1669 [59].

აგრეთვე კვლევებით დასაბუთებულია, რომ ფშატის ნაყოფის შემკვრელი თვისებები გამოწვეულია ფენოლური ნაერთების მაღალი შემცველობით, ფლავონოლებითა და ჰიდროქსიბენზოის მჟავებით (33 მგ/კგ რუტინი და 31 მგ/კგ გალის მჟავა). თესლი კი მდიდარია ჰიდროქსიცინამინის და ჰიდროქსიბენზომჟავებით (35 მგ/კგ ქლოროგენის მჟავა და 184 მგ/კგ გალის მჟავა) [88].

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ბევრი კვლევით დასაბუთებულია, რომ ფშატის ნაყოფები კაროტინოიდების შესანიშნავი წყაროა, მათ შორის განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს ლიკოპენი. ნაყოფებში ლიკოპენის შემცველობა 7 – 17 ჯერ მეტია პომიდორთან შედარებით [35,47,104]. იგი ასევე შეიცავს α-

კრიპტოქსანტინს, β-კრიპტოქსანტინს, β-კაროტინს, ლუტეინს, ფიტონენსა და ფიტოფლუენს [26,64,109].

ლიკოპენი არის ბუნებრივი კაროტინოიდული ნაერთი. ფართოდაა გავრცელებული მოსაზრება იმის შესახებ, რომ ლიკოპენის შემცველობა ხელს უშლის კიბოს სხვადასხვა ფორმის განვითარებას. ასევე დაავადების პროცესში აჩერებს კიბოს კვანძების ზრდას. ლიკოპენს აქვს აგრეთვე დამცავი ეფექტი ნევროლოგიური დარღვევებისა და სხვადასხვა დაავადების წინააღმდეგ, მათ შორისაა ალცჰაიმერი, პარკინსონის დაავადება და დიაბეტი [26,33,109-110].

ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ ფშატის ნაყოფებისა და ფოთლების წყლიანი ექსტრაქტების გამოყენებამ მნიშვნელოვანი გავლენა იქონია ღვიძლის ზოგიერთი ქსენობიოტიკური და ანტიოქსიდანტური ფერმენტების აქტიურობაზე. ექსტრაქტებმა დაარეგულირეს ზოგიერთი ფერმენტული სისტემის მოქმედება. საექსპერიმენტო ცხოველებში ამ ექსტრაქტების გამოყენებას გვერდითი მოვლენები არ ჰქონია, რადგან მათ არ გააჩნიათ რაიმე მნიშვნელოვანი ტოქსიკურობის დიაპაზონი [73].

მცენარის თესლები და ყვავილები ხასიათდებიან ბიოქიმიური პროცესების მასტიმულირებელი მოქმედებით, გამოიყენება ხველებისა და გულის დაავადებების სამკურნალოდ. თესლიდან მიღებული ზეთი კი საუკეთესო საშუალებაა ფილტვების ინფექციის წინააღმდეგ [12,33,47].

ფშატის ფოთლის ექსტრაქტი 100%-ით აფერხებს მიკროორგანიზმების ზრდას. სხვადასხვა გამხსნელს შორის ეთანოლის ექსტრაქტმა აჩვენა მაქსიმალური ინჰიბირება. ფოთლის ექსტრაქტის ანტიბაქტერიული თვისებები განპირობებულია ფენოლური ნაერთების შემცველობით [72,75-76]. ნაყოფის ექსტრაქტით ითრგუნება მიკროორგანიზმების 99%, მხოლოდ *Pseudomonas aeruginosa* (ჩვეულებრივი ინკაფსულირებული, გრამუარყოფითი, მკაცრი აერობული, ღეროს ფორმის ბაქტერია, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს დაავადება მცენარეებსა და ცხოველებში, მათ შორის ადამიანებში) არის რეზისტენტული წყლიან ექსტრაქტზე. მცენარის ექსტრაქტისადმი ბაქტერიების ეს კლასი უფრო მდგრადია, ვიდრე გრამდადებითი ბაქტერიები [88].

ფშატის გუმფისის გამოყენება შესაძლებელია საფეიქრო წარმოებაში, წებოს მოსამზადებლად, ლაქსაღებავების დასამზადებლად. ფოთლებსა და ქერქს ტყავის გასათრიმლავად და შავი ან ყავისფერი საღებავის მისაღებად იყენებენ [3].

1.2. ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები

1.2.1. ფენოლური ნაერთები

ბიოლოგიურად აქტიურ მცენარეულ ნივთიერებათა შორის, პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს ფენოლური ნაერთები. ისინი მეტად გავრცელებულია ბუნებაში. ფენოლური ნაერთები შედის მცენარეთა სამყაროს თითქმის ყველა ოჯახში მეტ-ნაკლები რაოდენობით. ისინი მცენარეში არ არის თანაბრად გადანაწილებული. სხვადასხვა რაოდენობით შეიძლება იყოს ფესვში, ღეროში, ფოთოლში, ნაყოფში და ა.შ. მცენარეული წარმოშობის ფენოლურ ნაერთების მოლეკულური წონა მერყეობს 300-2000-მდე და ზევით. ყოველ მათგანს აქვს გამოხატულად მწკლარტე გემო, განსაკუთრებით კარგად იხსნებიან ცხელ წყალში, სპირტში, ეთილაცეტატში, აცეტონში. არ იხსნებიან ქლოროფორმში, პეტროლეინის ეთერში. ილექებიან ალკალოიდებით, ჟელატინით, ბენტონიტური თიხებით, მძიმე ლითონის მარილებით და ა.შ. [4].

მედიცინაში ფენოლური ნაერთების გამოყენებას დიდი ხნის ისტორია აქვს. პრაქტიკაში გამოყენებული სამკურნალო ნივთიერებების 60% მცენარეულია, რომელთა უმეტესობა ფენოლური ბუნებისაა. თანამედროვე ეტაპზე ინტერესი ამ ნაერთების კვლევის მიმართ ახალ-ახალი ფარმაკოლოგიური ეფექტის გამოვლენასთან არის დაკავშირებული. მათი როლი და ფუნქციები მცენარეში მრავალფეროვანია: ზრდისა და განვითარების სტიმულირება, ინჰიბირება, უჯრედების დაცვა დაჟანგვისაგან, ბაქტერიებისა და სოკოებისაგან. შეიძლება ითქვას, რომ ისინი ვეგეტატიური და რეპროდუქციული ორგანოების აუცილებელი კომპონენტებია. ადამიანის ორგანიზმის

მიმართ ხასიათდებიან მაღალი ბიოლოგიური აქტიურობითა და დაბალი ტოქსიკურობით. ამა თუ იმ მცენარეში სხვადასხვა სახისა და რაოდენობის ფენოლური ნაერთია, ზოგიერთი მათგანი (ფენოლკარბონმჟავები და ფლავონოიდები) მცენარეული უჯრედის აუცილებელი კომპონენტია, რაც მათ ბიოსინთეზურ სიახლოვესა და ფიზიოლოგიური როლის მსგავსებაზე მეტყველებს [68].

ფენოლები ორგანული ნაერთთა კლასია საერთო ქიმიური სტრუქტურით, რომელიც მოიცავს არომატულ რგოლს ერთი ან მეტი ჰიდროქსილის ჯგუფით. დღეისათვის ცნობილია 8000-ზე მეტი ბუნებრივი ფენოლური ნაერთი. მათი ქიმიური სტრუქტურიდან გამომდინარე, ფენოლური ნაერთები შეიძლება დაიყოს სხვადასხვა ქვეჯგუფად, მარტივი მოლეკულიდან მაღალი პოლიმერიზაციის ხარისხის მქონე ნივთიერებებამდე, როგორცაა ფენოლკარბონმჟავები, ფლავონოიდები, ტანინები, კუმარინები, ქინონები, სტილბენები და სხვა.

ბუნებრივი ფენოლური ნაერთების კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს ბიოგენეტიკური პრინციპი. ფენოლური ნაერთები, ბიოსინთეზის თანამედროვე წარმოდგენების შესაბამისად, მოლეკულური სტრუქტურის სირთულის მიხედვით, შეიძლება დავყოთ რამდენიმე ძირითად ჯგუფად (ცხრილი 1):

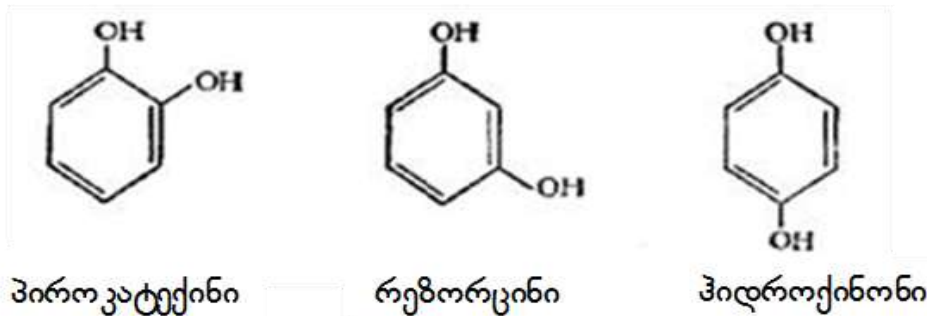
ცხრილი 1

ფენოლური ნაერთების კლასიფიკაცია

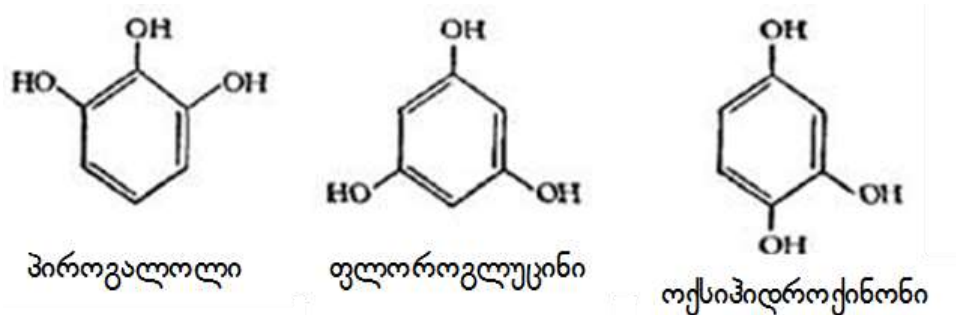
ნახშირბადოვანი ჩონჩხი	ნაერთთა დასახელება
ფენოლური ნაერთები	
ერთი ბენზოლის ბირთვით	
C_6	მარტივი ფენოლები, ფენოლოგლიკოზიდები
$C_6 - C_1$	ფენოლური სპირტები, ფენოლოალდეჰიდები, ფენოლომჟავები
$C_6 - C_2$	ფენოლმმარმჟავები
$C_6 - C_3$	ჰიდროდარიჩინის მჟავები, კუმარინები, ქრომონები
$(C_6 - C_3)_2$	ლიგნანები (დიმერული ნაერთები)
ორი ბენზოლის ბირთვით	
$C_6 - C_1 - C_6$	ბენზენფენონები, ქსანტონები
$C_6 - C_2 - C_6$	სტილბენები
$C_6 - C_3 - C_6$	ფლავონოიდები
ქინონები	

ერთ ბირთვიანი	ბენზოქინონი
ორ ბირთვიანი	ნაფთოქინონი
სამ ბირთვიანი	ანტრაქინონი და ანტრაცენის სხვა წარმოებულები
პოლიმერული ფენოლური ნაერთები	
მთრიმლავი ნივთიერებები (C ₆ - C ₁) _n (C ₆ - C ₂) _n (C ₆ - C ₃ - C ₆) _n	ჰიდროლიზებადი ტანინები კონდენსირებული ტანინები
(C ₆ - C ₃) _n	ლიგნინები

უმარტივეს დიფენოლებს წარმოადგენენ პიროკატეჟინი, რეზორცინი და ჰიდროქინონი.



უმარტივეს ტრიფენოლებს – პიროგალოლი, ფლოროგლუცინი და ოქსიჰიდროქინონი:



ფენოლური ნაერთები მონომერულ ფორმაში პოლიოქსიფენოლებია, ხოლო პოლიმერულში – პოლიფენოლები. მონომერული ფორმები გვხვდება აგლიკონების ან გლიკოზიდების სახით, სადაც ნახშირწყლოვანი ნაწილი წარმოდგენილია მარტივი შაქრების, დისაქარიდების, ოლიგოსაქარიდების ან ურონის მჟავას სახით,

პოლიფენოლური კი ხშირად აღკვირებულია. პოლიფენოლები (მთრიმლავები) და ლიგნინები ძირითადად დამოუკიდებელ ჯგუფებადაა წარმოდგენილი [1].

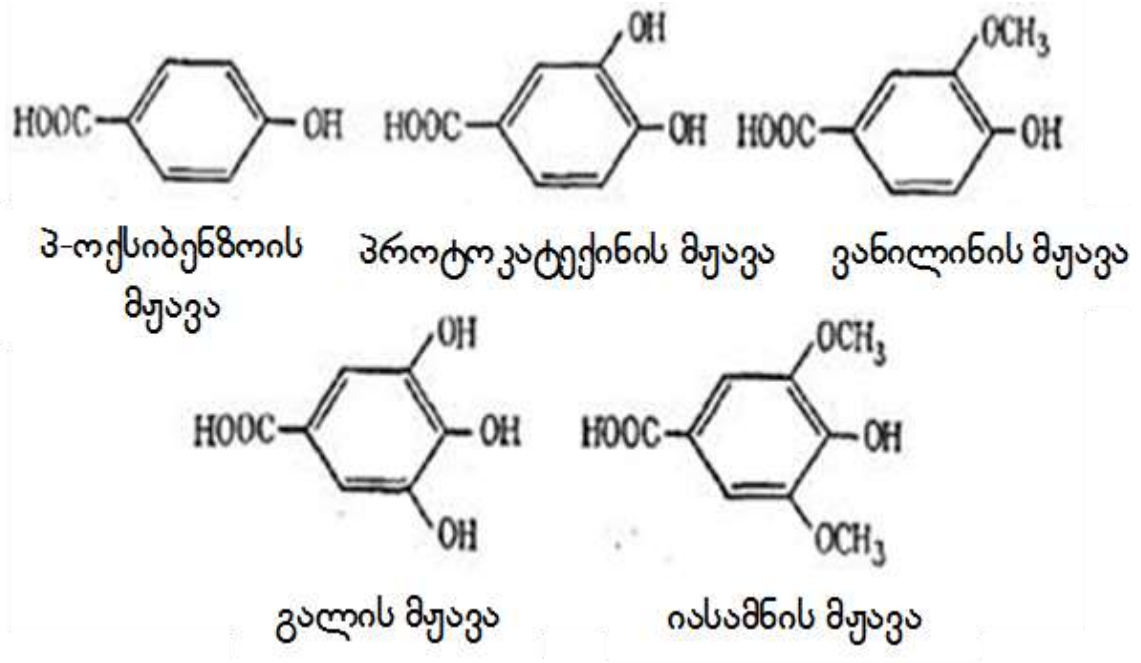
პოლიმერულ ფენოლურ ნაერთებს მიეკუთვნება ლიგნინები (C₆-C₃)_n, მელანინები (C₆)_n, კონდენსირებული ტანინები (C₆-C₃-C₆)_n. ლიგნინები არის ბოჭკოვანი მცენარეების უჯრედში არომატული სპირტებისგან შემდგარი რთული ფენოლური ნაერთები, ხოლო მელანინები, რომლებიც ზოგიერთ მცენარეში ნაყოფის ფერს განსაზღვრავს, დაუდგენელი სტრუქტურის პიგმენტებია [1].

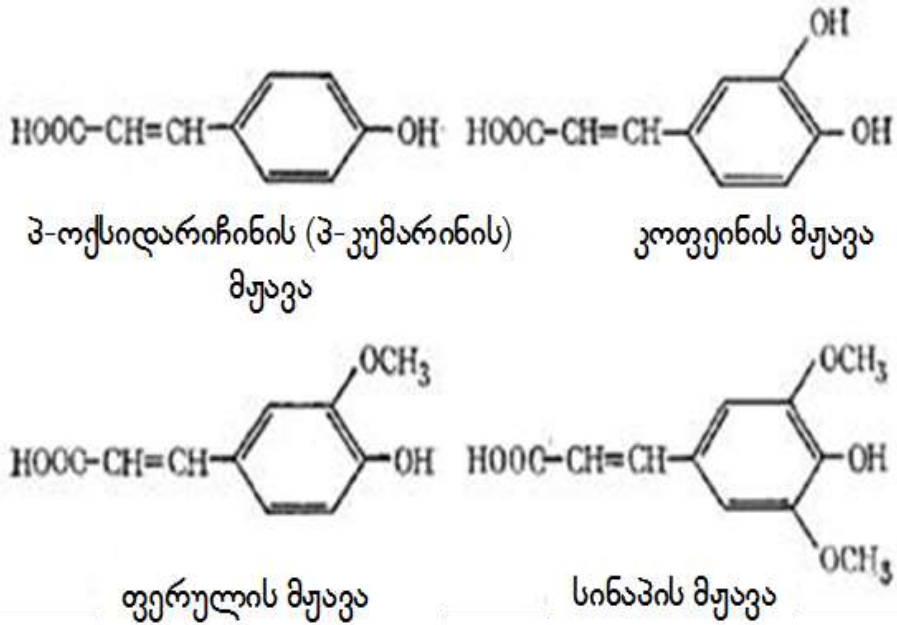
ფენოლური ნაერთების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფუნქციას წარმოადგენს მათი მონაწილეობა ჟანგვა-აღდგენით პროცესებში. ჯერ კიდევ 1908 წელს ვ.ი. პალადიმ გამოთქვა მოსაზრება, რომ მცენარეთა სუნთქვა დაკავშირებულია ზოგიერთი ფენოლური ნაერთების, კერძოდ, ფლავონოიდების, შექცევად ჟანგვა-აღდგენაზე. მისი ჰიპოთეზის თანახმად, ფენოლური ნაერთები, რომლებიც იჟანგებიან ჰაერის ჟანგბადით, პოლიფენოლოქსიდაზის ფერმენტის მონაწილეობით გარდაიქმნებიან შესაბამის ქინონებში, რომლებიც აღდგებიან სუნთქვითი სუბსტანტის, წყალბადის ატომების ხარჯზე და კვლავ ხდება ხელმისაწვდომი პოლიფენოლოქსიდაზის მოქმედებისათვის. აქედან გამომდინარე, სისტემა პოლიფენოლი+პოლიფენოლოქსიდაზა წარმოადგენს წყალბადის გადამტანს სუნთქვის საბოლოო ეტაპზე [16].

მცენარეში ფენოლური ნაერთები ავლენენ ანტიოქსიდანტურ, ანტივირუსულ და ანტიბიოტიკურ მოქმედებას. ხალხურ მედიცინაში მცენარეთა გამოყენება მათი ფიზიოლოგიური აქტიურობით არის განპირობებული. რეკომენდირებულია ხილისა და ბოსტნეულის რეგულარული მიღება, რადგან მცენარეული ფენოლები და პოლიფენოლები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ სიცოცხლის გახანგრძლივების საქმეში, ამცირებენ ქრონიკულ და დეგენერაციული დაავადებების რისკს. ფენოლები შედის მცენარის ყველა ორგანოს შემადგენლობაში და ნაწილობრივ პასუხისმგებელი არიან მცენარეული პროდუქტების საერთო ორგანოლექტიკურ თვისებებზე [16].

ფენოლური ნაერთები დიდ როლს ასრულებენ მცენარეული უჯრედის ნივთიერებათა ცვლაში და მიეკუთვნებიან ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს.

ფენოლკარბონმჟავები წარმოადგენენ ფენოლებს ერთი კარბოქსილური ჯგუფით. სხვადასხვა ფენოლური მჟავა განსხვავდება ჰიდროქსილური და მეთოქსილური ჯგუფების რაოდენობითა და არომატულ ბირთვთან დაკავშირების მდგომარეობით. ფენოლური მჟავები შეიძლება დაიყოს ორ კლასად: ბენზოის მჟავას წარმოებულები, როგორცაა გალის, ვანილის მჟავა და დარიჩინმჟავას წარმოებულები (კუმარის, კოფეინის და ფერულის მჟავები). კოფეინის მჟავა წარმოადგენს მრავალ ხილსა და ბოსტნეულში ფართოდ გავრცელებულ ფენოლურ მჟავას, უფრო ხშირია ეთერიფიცირებული ქინაქინის მჟავა, ქლოროგენის მჟავა, რომელიც წარმოადგენს ძირითად ფენოლურ ნაერთს ყავაში. მნიშვნელოვანი ფენოლური მჟავა არის ფერულის მჟავა, რომელიც გავრცელებულია მარცვლეულში და ეთერიფიცირდება ჰემიცელულოზასთან უჯრედის კედელზე [55].





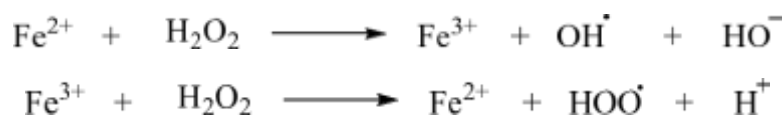
ფლავონოიდები – არის დაბალმოლეკულური პოლიფენოლური ნაერთების ფართო ჯგუფი, რომელიც თავის ჩონჩხში შეიცავს C₆-C₃-C₆ ნახშირბადულ ერთეულს და ერთმანეთისგან განსხვავდებიან, არომატული რგოლების შემაერთებული პროპანის ჯაჭვის ჟანგვის ხარისხით [55].

ფლავონოიდები ფართოდაა გავრცელებული მცენარეებში და მრავალ ფუნქციას ასრულებს. ისინი მიეკუთვნებიან მეორეულ მეტაბოლიტებს, რომლებიც უშუალოდ არ არიან პასუხიმგებელი ფოტოსინთეზზე, ზრდაზე, გამრავლებაზე და მცენარის სხვა ძირითად ფუნქციაზე [55]. ფლავონოიდები პასუხს აგებენ მცენარის პიგმენტაციაზე და მათ მდგრადობაზე ბაქტერიების, სოკოების, ვირუსების და მწერების მიმართ. დღეისათვის ცნობილია დაახლოებით 7000 სხვადასხვა ბუნებრივი ფლავონოიდი [107].

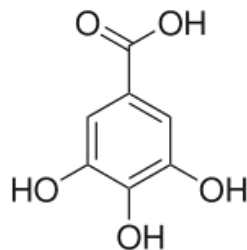
აღნიშნული ნაერთები, მცენარეებში დამცავ ფუნქციას ასრულებენ, იცავენ მათ რადიაციისგან, პათოგენებისა და ულტრაიისფერი გამოსხივებისგან. ამ ნივთიერებების მიმართ ინტერესი იზრდება, რადგან მათ გააჩნიათ რიგი თვისებებისა, რომლებიც დადებითად მოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე. ფლავონოიდები წარმოადგენენ ადამიანის რაციონის აუცილებელ ელემენტებს. ისინი ავლენენ ბიოლოგიური აქტიურობის სხვადასხვა სახეს, რომლებიც გავლენას ახდენენ მრავალრიცხოვან

მეტაბოლურ გზებზე და გააჩნიათ ვირუსის საწინააღმდეგო, ანთების საწინააღმდეგო, ანტიმუტაგენური, მუტაგენური, სიმსივნის საწინააღმდეგო მოქმედება [82].

ფლავონოიდების ბიოლოგიური აქტიურობა განპირობებულია ჰიდროქსილის ფუნქციონალური ჯგუფის არსებობით. როგორც აღნიშნული იყო, ფლავონოიდებს ახასიათებთ მრავალი ბიოქიმიური თვისება, რომელთაგან ყველაზე მნიშვნელოვან თვისებას წარმოადგენს ანტიოქსიდანტური აქტიურობა [45]. ფლავონოიდების ანტიოქსიდანტური აქტიურობა დამოკიდებულია ფუნქციონალური ჯგუფების მდებარეობაზე. ფლავონოიდები ეფექტურად თრგუნავენ ცხიმებისა და ბიოლოგიური ქსოვილების პროქსიდულ ჟანგვას. ისინი გამორიცხავენ უჯრედის დაზიანებებს, თავისუფალი რადიკალების პირდაპირი ნეიტრალიზაციით ან გარდამავალი მეტალების ხელატირების გზით, რომლებიც ახდენენ თავისუფალი რადიკალების გენერაციის რეაქციების კატალიზირებას (ფენტონის რეაქცია) რკინის იონების მოქმედებით წყალბადის ზეჟანგთან რადიკალების OH^\cdot , HOO^\cdot წარმოქმნით [14].



ტანინები – (მთრიმლავი ნივთიერებები) წარმოადგენენ მცენარეული წარმოშობის ფენოლურ ნაერთებს, რომლებიც შეიცავენ ფენოლური ჰიდროქსიდული ჯგუფების დიდ რიცხვს. ტანინების მოლეკულური მასა 500–3000 ფარგლებშია. მათ ახასიათებთ მთრიმლავი მოქმედება. ტანინებს შეიცავს ხის ქერქი, მრავალი მცენარის ფოთლები, ისინი ფოთლებსა და ნაყოფებს ანიჭებენ მთრიმლავ გემოს.



ტანინები იყოფა ჰიდროლიზირებად და არაჰიდროლიზირებად ტანინებად. ჰიდროლიზირებად ტანინებს წარმოადგენენ გალის მჟავას, დი- და ტრი- გალის მჟავას რთული ეთერები გლუკოპირანოზასთან ან სხვა შაქრებთან. არაჰიდროლიზირებად კი

ფლავანოლების წარმოებულები, რომლებიც წარმოქმნიან 3-ფლავანოლების ან 3,4-ფლავონდიოლის დიმერებს [1].

ლიგნინები—წარმოადგენენ ამორფულ ნივთიერებებს, მათგან მხოლოდ მცირე ნაწილი (5–10%) იხსნება ორგანულ გამხსნელებში (ეთილის სპირტი, აცეტონი). ისინი არ წარმოადგენენ მკაცრად განსაზღვრული შემადგენლობის მქონე ინდივიდუალურ ნაერთებს და მონაწილეობენ მცენარეული ქსოვილების საყრდენი სისტემის შექმნაში.

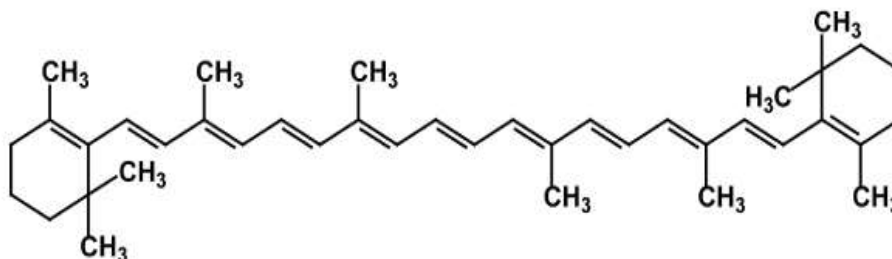
ლიგნინები თავიანთი ქიმიური ბუნებით წარმოადგენენ ფენოლური ბუნების სამჯერად პოლიმერებს. იგი ნიტრობენზოლით ჟანგვისას, ტუტე გარემოში იშლება ალდეჰიდების: ვანილინის, იასამნის და 3-ოქსიბენზალდეჰიდის წარმოქმნით [1].

1.2.2. კაროტინოიდები

კაროტინი ბუნებრივი პიგმენტების ჯგუფის ძირითადი წარმომადგენელია, იგი სინთეზირდება მცენარის, მიკროორგანიზმებისა და ზოგიერთი ცხოველის ორგანოებში, მათი ზრდისა და განვითარების პროცესში. კაროტინებს აკუთვნებენ კაროტინულ მღებავ ნივთიერებებს. ამ ჯგუფში შედის როგორც კაროტინი და მისი იზომერები, ასევე მათთან აგებულებით და თვისებებით ახლოს მდგომი ორგანული ნაერთები-კაროტინოიდები [31].

კაროტინი პირველად გამოყო ვაკენროდერმა 1831 წელს სტაფილოსაგან (*Daucus carota*), და სახელწოდება-კაროტინი მისგან მიიღო [101]. 1837 წელს ბერცელიუსმა მწვანე ფოთლების სპირტით ექსტრაგირების შედეგად გამოყო ყვითელი მღებავი ნივთიერება-ქსანტოფილი. 1883 წელს ბოროდინმა დაამტკიცა, რომ მწვანე ფოთლებიდან გამონაწიხი ყვითელი პიგმენტი არ არის სტაფილოს კაროტინის იდენტური, იგი ნარევია და რამოდენიმე პიგმენტისაგან შედგება. ბოროდინის ეს წინასწარმეტყველება შემდგომში დასაბუთდა რუსი ბოტანიკოსის მონტევერდეს გამოკვლევებით. ასე ჩაეყარა საფუძველი კაროტინული მღებავი ნივთიერებების კომპლექსის შესწავლას. კაროტინული მღებავი ნივთიერებების

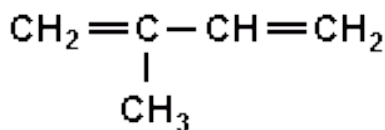
შესწავლის საქმეში დიდი როლი შეასრულა რუსი მეცნიერის მ. ცვეტის მიერ 1903 წელს დამუშავებულმა ქრომატოგრაფიულ-ადსორბციულმა ანალიზის მეთოდმა. მ. ცვეტმა შეძლო კაროტინის იზოლირება და ქსანთოფილის დაყოფა 4 ცალკეულ პიგმენტად, (სურათი 7) [39].



სურათი 7. β კაროტინის სტრუქტურული ფორმულა

კაროტინის შემდგომი შესწავლის საფუძველზე კარერმა დაადგინა მისი ემპირული ფორმულა - $C_{40}H_{56}$ [39].

კაროტინის მოლეკულა შეიძლება წარმოვიდგინოთ ორი β -იონური რგოლის სახით, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებულია ალიფატური დაჯგუფების ჯაჭვით, რომელშიც გვხვდება ცხრა ჯერადი ბმა. ვილშტეტერმა თავის დროზე გამოთქვა მოსაზრება კაროტინოიდების ფიტოლისაგან წარმოქმნის შესახებ, მაგრამ ამ მოსაზრებას ეწინააღმდეგება ის ფაქტი, რომ კაროტინოიდების ინტენსიურ ბიოსინთეზს ადგილი აქვს უქლოროფილო უმაღლეს მცენარეთა ორგანოებში და მიკროორგანიზმებშიც. არსებობს მოსაზრება, რომ ქლოროფილი და კაროტინოიდები წარმოიქმნენ საერთო წინამორბედისაგან იზოპრენისაგან :



კაროტინოიდები ტეტრატერპენოიდებს მიეკუთვნებიან [58]. ცნობილია დაახლოებით კაროტინოიდების 500 სტრუქტურა, მაგრამ მცენარეებში, მწვანე ფოთლებში, აღმოჩენილია კაროტინოიდების მხოლოდ განსაზღვრული რაოდენობა. ისინი ლოკალიზდება ქლოროპლასტებში, თუმცა ამ უკანასკნელში ისინი

შენიღებულია მწვანე ქლოროფილით. კაროტინოიდები მცენარეში გვევლინებიან წყალში ხსნადი ცილოვანი კომპონენტების სახით, ან ზეთის წვეთებში. კაროტინოიდები შეერთებულია ცილებთან შედარებით სუსტად, პიგმენტს და ცილას შორის ბმა კოვალენტურია, ასეთი ბმა ადვილად წყდება და ამიტომ ადვილია მათი ექსტრაგირება ორგანული გამხსნელებით. კაროტინოიდების შეფერვას განაპირობებს მოლეკულის გრძელ რიგში არსებული ორმაგი ბმები. თანამედროვე წარმოდგენებით C40 ნახშირწყალბადების კაროტინოიდების წინამორბედს ფიტონი წარმოადგენს [85].

კაროტინოიდები მონაწილეობენ ფოტოსინთეზის პროცესში. ისინი ასრულებენ სინათლის ფილტრის როლს, რითაც იცავენ ქლოროფილს სინათლის ჭარბი რადიაციისაგან [58].

ამჟამად სხვადასხვა მცენარის ნაყოფსა და კენკრაში აღმოჩენილია 80-ზე მეტი კაროტინოიდი. ერთ-ერთი წარმომადგენელია β -კაროტინი, მისი ბუნებრივი, სტრუქტურული და ზოგიერთი სივრცითი იზომერი (ლიკოპენი). ასევე კაროტინოიდების მნიშვნელოვან რიცხვს განეკუთვნებიან β -კაროტინის ოქსი-წარმოებული სტრუქტურული იზომერები (კრიპტოქსანტინი, რუბიქსანტინი, ზეაქსანტინი, ქსანტოფილი, მუტატოქრომი, ფლავოქსანტინი, ვიოლაქსანტინი და სხვა). გაცილებით იშვიათად გვხვდება უფერო ხშირად კაროტინოიდები-ფიტოფლუინი, ფიტონი და მათი იზომერები [21,54].

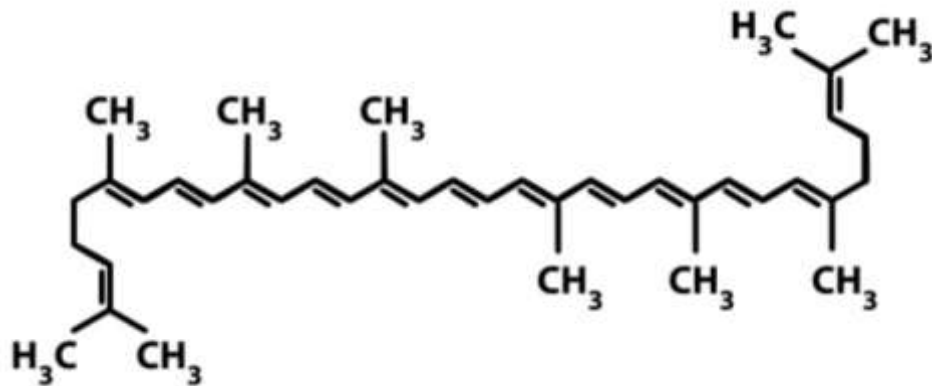
კაროტინოიდების ძირითადი თვისებაა მათი უხსნადობა წყალში და კარგი ხსნადობა ორგანულ გამხსნელებში. ისინი კარგად იხსნებიან გოგირდნახშირბადში, ქლოროფორმში, ბენზოლში, ჰექსანში, პეტროლეინის ეთერში. ჰიდროქსილშემცველი კაროტინოიდები კი უკეთ იხსნებიან სპირტებში (მეთანოლი, ეთანოლი). კაროტინოიდების დამახასიათებელ თვისებას წარმოადგენს მათი უნარი შერჩევით ადსორბირდეს მინერალურ და ზოგიერთ ორგანულ ადსორბენტზე, რაც საშუალებას იძლევა სტრუქტურით ოდნავ განსხვავებული კაროტინოიდები განცალკევდნენ ერთმანეთისაგან ქრომატოგრაფიული მეთოდის დახმარებით. კაროტინოიდები

სპექტროფოტომეტრული გამოკვლევების დროს იძლევა დამახასიათებელ შთანთქმით ზოლებს ძირითადად ხილული სპექტრის მიდამოებში, ხოლო სტერეოიზომერები კი ამ ზოლებს ულტრაიისფერ სპექტრის დიაპაზონში აჩვენებენ. კაროტინოიდების ამ თვისებაზე არის დაფუძნებული მათი იდენტიფიკაცია. ზოგიერთი კაროტინოიდისათვის დამახასიათებელია სპეციფიკური რეაქციები, მათ შორის – ფერადი რეაქციები. კაროტინოიდების ძირითადი თვისება, მისი ვიტამინ A-ად გარდაქმნაა ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში. β კაროტინის ჟანგვითი გახლეჩვის დროს წარმოიქმნება ორი მოლეკულა ვიტამინი A. კაროტინების ბიოლოგიური აქტიურობა დამოკიდებულია მოლეკულაში არსებულ β იონურ რგოლზე [21,54,58].

ორგანიზმში მოხვედრილი კაროტინის შეთვისება არასდროსაა 100%. ის დამოკიდებულია საკვების მომზადებაზე. თვლიან, რომ უმი, დაუქუცმაცებელი ბოსტნეულიდან და ნაყოფიდან კაროტინის რესორბცია ორგანიზმის მიერ დაბალია, მისი შეთვისება უკეთ მიმდინარეობს მაშინ, როდესაც პროდუქტი მიღების დროს მომზადებულია ცხიმოვან ან ზეთოვან საფუძველზე. უმი სტაფილოს მიღების დროს უცხიმო დიეტისას კაროტინის შეთვისება 1%-ს არ აღემატება, მოხარშული სტაფილოდან კაროტინის შეთვისება 19%-ია, ხოლო ზეთუნის ზეთის დამატების შემდეგ კაროტინის შეთვისება 25%-მდე იზრდება. კრისტალური კაროტინის შეთვისება, თუ ის მიღებულია უცხიმოდ, ავლენს დაბალ ბიოლოგიურ მოქმედებას, ცხიმში ან ზეთში გახსნილის კი ორგანიზმის მიერ შეითვისება 68%-ია. კაროტინის შეთვისებას ხელს უწყობს იმ ცხიმის ბუნება რაშიც ის არის გახსნილი. კაროტინის შეთვისებამ შეიძლება ამ დროს 70%-დან 90%-საც მიაღწიოს თუ კაროტინი გახსნილია სელის, ზეთუნის, ქოქოსის ზეთებში [13, 19, 21]. რადგანაც კაროტინოიდები ადვილად იშლებიან სინათლეზე და წყალშიც არ იხსნიებიან, ძნელდება მათი გამოყენება წარმოებაში. აუცილებელია მომზადდეს მათი ცხიმოვანი კონცენტრატები და მათი საშუალებით მოხდეს საკვები პროდუქტების ვიტამინიზაცია და შეფერვა [84,90].

1.2.3. ლიკოპენი

დღეისათვის ბიოლოგიურად აქტიურ კომპონენტებს შორის დიდი გამოყენება ჰპოვა ისეთმა კაროტინოიდებმა, როგორცაა β -კაროტინი, ლიკოპენი, ლუტეინი, ფიტონი, α -კრიპტოქსანტინი, β -კრიპტოქსანტინი და სხვა, რაც განპირობებულია მათი ანტიოქსიდანტური, იმუნომასტიმულირებელი და ანტიკანცეროგენული თავისებურებებით. მათ შორის მეტად პოპულარულია ლიკოპენის საფუძველზე დამზადებული პრეპარატების წარმოება და შესაბამისად მეცნიერთა განსაკუთრებული ყურადღებაც მიმართულია ლიკოპენის, როგორც ბიოაქტიური ნაერთის შესწავლასა და გამოყოფაზე. ლიკოპენის სტრუქტურა აღწერილი იქნა 1930 წელს კაგერის მიერ. ღია ჯაჭვურ სტრუქტურაში აქვს 11 ორმაგი ბმა (სურათი 8), 2048 თეორიული იზომერიდან რამდენიმე იქნა აღმოჩენილი მცენარეებში და ცხოველებში, აქედან 95% მცენარეებში, მათ ახასიათებთ ცის იზომერია, ძლიერი მჟანგავი თვისება და ინტენსიური წითელი ფერი [23,26].



სურათი 8. ლიკოპენის სტრუქტურული ფორმულა

ლიკოპენის ფუნქცია მცენარეში სრულყოფილად არ არის შესწავლილი. იგი იცავს ფოტოსინთემას, ზედმეტი ულტრაიისფერი სხივებისაგან. ქლოროპლასტებში არ არის მსგავსად β კაროტინისა და ლუტეინისა. თუმცა იგი არის ქრომოპლასტებში, როგორც კაროტინი და ლუტეინი.

ლიკოპენის მოლეკულა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მეტაბოლურ ცვლაში. იგი მიმზიდველს ხდის ხილს და ძლიერი ანტიოქსიდანტური თვისების გამო იცავს მას დაჟანგვისაგან [23].

ექსპერიმენტმა დაადასტურა, რომ მაღალ ტემპერატურაზე გაცხელებისას (მომზადება, ორთქლზე მოხარშვა, მიკროტალღური ღუმელი) ლიკოპენი არ კარგავს თვისებებს, პირიქით იცვლება მისი სტრუქტურა და ორგანიზმისთვის ადვილად შეთვისებადი ხდება. საკვებ ნივთიერებათა თერმული დამუშავებით მასში ლიკოპენის კონცენტრაცია იზრდება და ამდიდრებს პროდუქტს [110].

ლიკოპენი ძლიერ მგრძობიარეა სინათლისა და სითბოს მიმართ, ამიტომ იგი ადვილად დეგრადირდება თუ არ არის დაცული პირობები - ფერი იცვლება ოქროსფერისკენ.

ლიკოპენით ინტერესდებიან კომერციული ორგანიზაციებიც. მრავალრიცხოვანი პატენტი გამოუშვა ლიკოპენის გასუფთავებისათვის ამერიკის მთავრობამ. ის გამოიყენება ისეთი დაავადების სამკურნალოდ, როგორებიცაა: კანის პიგმენტაცია, კატარაქტი, თვალის წნევის რეგულაცია, დიაბეტი, გლუკომა და სხვა. ლიკოპენით კომერციული დაინტერესება გამოწვეულია ჯანმრთელობისათვის სასარგებლო თვისებებით. მომხმარებელს აინტერესებს ის საკვები პროდუქტი, რომელსაც ახასიათებს ანტიოქსიდანტური აქტიურობა. ამ თვალსაზრისით ლიკოპენს უდიდესი პოტენციალი აქვს [10,44,74,78,81].

ლიკოპენი გამოირჩევა მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტიურობით და ნაკლებად ტოქსიკურია. დადგენილია, რომ სადაც დიდი რაოდენობით მოიხმარება ლიკოპენის შემცველი პროდუქტი იქ კორონალური დაავადება და მისით გამოწვეული სიკვდილიანობა დაბალია. XIX საუკუნის 50-იან წლებში ამერიკელმა მეცნიერებმა დაადგინეს ლიკოპენი ამაღლებს რა იმუნიტეტს, წარმოადგენს პროფილაქტიკურ და სამკურნალო საშუალებას სიმსივნის დროს. ბოლო წლებში დიდი ყურადღება ექცევა ლიკოპენის გამოყენებას ბავშვთა კვებაში.

ლიკოპენი ადამიანის ორგანიზმში არ სინთეზირდება, ამიტომ იგი შეიძლება მივიღოთ საკვების სახით [13].

დღეისათვის მეტად პოპულარულია ლიკოპენის საფუძველზე დამზადებული პრეპარატების წარმოება და შესაბამისად მეცნიერთა განსაკუთრებული ყურადღებაც მიმართულია ლიკოპენის, როგორც ბიოაქტიური ნაერთის შესწავლასა და გამოყოფაზე. ლიკოპენს მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს პომიდორი, საზამთრო, წითელი გრეიფრუტი, წითელი გუავა და მათ შორის ფშატიც [74,78,81].

ცნობილია, რომ ფშატში ლიკოპენის შემცველობა გაცილებით უფრო მაღალია, ვიდრე პომიდორში. მისი რაოდენობრივი შემცველობა მერყეობს ფშატის ნაყოფში 40-50 მგ/100გ-ში, პომიდორის ნედლ ნაყოფში 3 მგ/100გ-ში, ხოლო დაკონსერვებულ ტომატში 10 მგ/100გ-ია, საზამთროში- 2,3 – 7,2 მგ/100გ, გრეიფრუტში- 0,35–3,36 მგ/100გ, პაპაიაში- 0,11–5,3 მგ/100გ, სტაფილოში 0-,65–0,78 მგ/100გ და ა.შ. [93].

2. ექსპერიმენტული ნაწილი

2.1. კვლევის ობიექტი

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა მცენარე ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფი და ფოთოლი. ნიმუშები აღებულ იქნა სამომხმრებლო სიმწიფის პერიოდში ოქტომბრის ბოლო, ნოემბრის დასაწყისში (4 წლის განმავლობაში 2015-2019) საქართველოს ოთხ სხვადასხვა რეგიონში ზღვის დონიდან განსხვავებულ სიმაღლეზე, სულ 10 ნიმუში, კერძოდ სამეგრელო - სენაკი ზღვის დონიდან 28მ (N1), იმერეთი - სამტრედია ზღვის დონიდან 25 მ (N2), გურია - ოზურგეთი ზღვის დონიდან 80მ (N3), აჭარ - ქობულეთი-ზღვის დონიდან 5მ (N4), ურეხი ზღვის დონიდან 3მ (N5), ახალშენი ზღვის დონიდან 163მ (N6), ხელვაჩაური ზღვის დონიდან 11მ (N7), აჭარისწყალი-ზღვის დონიდან 150მ (N8), ქედა ზღვის დონიდან 256მ (N9), ხულო ზღვის დონიდან 923მ (N10) (სურათი 9–18). სიმწიფის შეფასება ეფუძნებოდა კენკრის სიმწიფეს. მოსავლის აღების შემდეგ ვაწარმოებდით კენკრის გადარჩევას, დეფექტური ნაწილების გამოსარიცხად, შემდეგ ნიმუშს ვყოფდით რამოდენიმე ნაწილად. ერთ ნაწილში ვახდენდით ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების განსაზღვრას, ნაწილს ვინახავდით შემდგომი ანალიზებისთვის 4°C და -25°C-ზე 95% ფარდობითი ტენიანობის პირობებში.



სურათი 9. ფშატი – სამეგრელო (სენაკი)



სურათი 10. ფშატი – სამტრედია



სურათი 11. ფშატი – ოზურგეთი



სურათი 12. ფშატი – ქობულეთი



სურათი 13. ფშატი – ხელვაჩაური



სურათი 14. ფშატი –ახალშენი



სურათი 15. ფშატი – აჭარისწყალი



სურათი 16. ფშატი – ურები



სურათი 17. ფშატი – ქედა



სურათი 18. ფშატი – ხულო

2.2. კვლევის მეთოდები

1. ფენოლური ნაერთების იდენტიფიკაცია ულტრამაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების UPLC-PDA, MS მეთოდით - (Waters, UPLC Acquity, QDa Detectore). ნაერთთა დასაყოფად გამოყენებული იყო ქრომატოგრაფიული სვეტი Acquity UPLC BEN C18, 1.7m, გამხსნელი სისტემა: 0,3 % ჭიანჭველმჟავა (გამხსნელი A) და აცეტონიტრილი (გამხსნელი B). გრადიენტი-გამხსნელი B: 0 - 20 წთ, 5-16%; 20-28 წთ, 16-40%; 28-32 წთ, 40-47%; 32-36 წთ, 70-99%; 36-45 წთ, 99% და 45-46 წთ, 99-5%. ინჟექტირება 10 μ L. ქრომატოგრაფირებამდე ნიმუშები და ელუენტები იფილტრება 0,45 μ m ფორების ფილტრში [29,107].

2. ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების თვისობრივი ანალიზი ულტრამაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების UPLC-PDA, MS მეთოდით.

3. ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების რაოდენობრივი ანალიზი მაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების HPLC-UV,Vis; RI მეთოდით. ნახშირწყლების რაოდენობრივი ანალიზისათვის გამოყენებული იქნა - Waters (RI დეტექტორი, Binary HPLC Pump 1525), ქრომატოგრაფიული სვეტი amide (250 მმ 4,5 მმ) და Carbohydrate,

სვეტის ტემპერატურა 40°C ელუენტი 80 %-იანი აცეტონიტრილი (Merck; Sigma-Aldrich), დეტექტირება RI.

ორგანული მჟავების რაოდენობრივი ანალიზი მიმდინარეობდა UV-Vis 2489 დეტექტორით, დაყოფისათვის გამოყენებულ იქნა Shodex -ის ფირმის სვეტი - KC – 811 და მოძრავ ფაზას წარმოადგენდა 0,1% ფოსფორმჟავა.

4. კატიონების განსაზღვრა - HPLC-Conductivity მეთოდით. კატიონების კვლევა ჩატარდა ქრომატოგრაფიული მეთოდით კონდუქტომეტრული დეტექტორის გამოყენებით. სტანდარტებს წარმოადგენდა: ლითიუმის ჰიდროქსიდის მონოჰიდრატი (Li^+), ნატრიუმის ქლორიდი (Na^+), კალიუმის ქლორიდი (K^+), მაგნიუმის ჰიდრატი (Mg^{2+}), კალციუმის ნიტრატი ტეტრაჰიდრატი (Ca^{2+}), EDTA (Serva). ხელსაწყოს მონაცემები და რეჟიმი-იზოკრატიული ტუმბო (Isocratic HPLC pump-Waters 1515), დეტექტორი (Waters 432-Conductivity), ქრომატოგრაფიული სვეტი IC-PakCationMD, ელუენტი 3 mM HNO_3 /0.1 mM EDTA, ელუენტის გამტარებლობა $1250 \pm 50 \mu\text{S}$, საბაზო მგრძნობელობა 2000 μS , ინტეგრატორის მგრძნობელობა 0.01 μS , სვეტის ტემპერატურა 35°C, პოლარობა-negative. ინჟექტირებამდე საანალიზო ნიმუშებს ემატებოდა 1:20 თანაფარდობით დეიონიზირებული წყალი, ჰომოგენიზირებისა და ცენტრიფუგირების შემდეგ კი ვფილტრავდით 0,45მკრ ზომის ფილტრში.

ნაერთების რაოდენობრივი გაანგარიშება ხდებოდა სტანდარტულ ნიმუშზე აგებული საკალიბრო მრუდების საშუალების, ხოლო იდენტიფიკაცია იგივე ნიმუშების ქრომატოგრაფიულ მონაცემებთან შედარებით.

5. β კაროტინისა და ლიკოპენის თვისობრივი ანალიზი - ულტრამალაღეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების UPLC-PDA, MS მეთოდით (Caroten pos 15 min 03 ACN 500). ნაერთთა დასაყოფად გამოყენებული იყო ქრომატოგრაფიული სვეტი Acquity UPLC BEN C18, 1.7m, გამხსნელი სისტემა: აცეტონიტრილი:მეთანოლი 7:3 (გამხსნელი A) და 100% წყალი (გამხსნელი B). ტემპერატურა 25–32°C, ინჟექტირება 5 μL [84].

6. β კაროტინისა და ლიკოპენის რაოდენობრივი განსაზღვრა - სპექტრული მეთოდით. საანალიზო ნიმუშის ექსტრაგირებას ვახდენდით აცეტონ-ჰექსანის (4:6) ნარევით ნიმუშის გაუფერულებამდე (სრული ექსტრაქცია), შემდეგ კი სპექტროფოტომეტრზე ვსაზღვრავდით ოპტიკურ სიმკვრივეს სხვადასხვა ნანომეტრზე: 663 ნმ, 645 ნმ, 505 ნმ და 453 ნმ. მიღებული შედეგების მიხედვით გამოვთვალეთ ლიკოპენისა და β - კაროტინის რაოდენობრივი შემცველობა შემდეგი ფორმულების გამოყენებით [19].

$$\text{ლიკოპენი (მგ/100 მლ)} = -0.0458 \cdot A_{663} + 0.204 \cdot A_{645} + 0.372 \cdot A_{505} - 0.0806 \cdot A_{453}$$

$$\beta - \text{კაროტინი (მგ/100 მლ)} = 0.216 \cdot A_{663} - 1.22 \cdot A_{645} - 0.304 \cdot A_{505} + 0.452 \cdot A_{453}$$

7. ანტიოქსიდანტური აქტიურობის განსაზღვრა (2,2-დიფენილ-1-პიკრილ ჰიდრაზილის სტაბილური რადიკალის გამოყენებით) DPPH მეთოდით. საერთო ანტიოქსიდანტური აქტიურობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება რადიკალური მექანიზმით მიმდინარე რეაქციები, სპეციფიკურ, შეფერილ რადიკალსა და ანტიოქსიდანტური აქტიურობის მქონე ექსტრაქტ შორის, სადაც სპექტროფოტომეტრულად ისაზღვრება ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივის ცვალებადობა და ხდება, როგორც კონკრეტული ნივთიერების, ასევე ნაერთების ჯამური ანტიოქსიდანტური აქტიურობის შეფასება [64].

DPPH - ($C_{18}H_{12}N_5O_6$ M=394,33) წარმოადგენს სტაბილურ თავისუფალ რადიკალს მაქსიმალური შთანთქმით 515 - 517 ნმ -ზე, რომლის მეთანოლიანი ექსტრაქტის მეწამული იისფერი შეფერილობა აღდგენის შედეგად იცვლება ღია ყვითლამდე.

ანტიოქსიდანტური აქტიურობის - რადიკალური შებოჭვის აქტიურობის დასადგენად საანალიზო ექსტრაქტის 1 მლ-ს ვუმატებდით 3 მლ DPPH- ის რეაქტივს (0,1 mM DPPH – 0,004 გ/100მლ ეთილის სპირტში) და 30 წუთის შემდეგ ხდებოდა საკვლევი ნიმუშის ოპტიკური სიმკვრივის სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრა 515 ნმ-ზე. საკონტროლო ხსნარს წარმოადგენს 96% ეთილის სპირტს დამატებული DPPH-ის რეაქტივი.

ანტიოქსიდანტური აქტიურობა სტაბილური თავისუფალი რადიკალის (DPPH) 50%-იანი ინჰიბირებით გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$In \% = A_c - A_s/A_c \cdot 100$ (1), სადაც $In \% - 0.1 \text{ mM DPPH}$ - ის ინჰიბირებაა (40-60% ფარგლებში); $A_c - 0.1 \text{ mM DPPH}$ -ის სპირტიანი ხსნარის აბსორბცია, ხოლო A_s - საანალიზო ექსტრაქტის აბსორბცია. 1 მგ ნიმუშის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის გაანგარიშებას ვახდენდით შემდეგი ფორმულით:

$$C = m/V \cdot F \cdot 50\% / In\%$$

სადაც C არის ნიმუშის მგ, რომელიც ახდენს 0.1 mM DPPH - ის 50% ინჰიბირებას; m - აღებული ნიმუშის მასა მილიგრამებში; V - საანალიზო ექსტრაქტის მოცულობა (მლ); F - განზავების ფაქტორი; $In \% - 0.1 \text{ mM DPPH}$ -ის ინჰიბირება (40-60% ფარგლებში); 50% - საანგარიშო ინჰიბირება [36,45,47].

6. საერთო ფენოლების რაოდენობის განსაზღვრა ფოლინ-ჩიოკალტეუს მეთოდით (Folin-Ciocalteu) (გალის მჟავაზე გადაანგარიშებით). საანალიზოდ აღებული ნიმუშის ექსტრაქციას ვახდენდით 80%-იანი ეთილის სპირტით. ექსტრაქტის საერთო მოცულობიდან აღებულ 1 მლ-ს ვათავსებდით 25 მლ მოცულობის საზომ კოლბაში, ვუმატებდით 5 მლ გამოხდილ წყალს, 1 მლ ფოლინ-ჩიოკალტეუს რეაქტივს, ვაყოვნებდით 8 წუთის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე, შემდეგ ვუმატებდით 10 მლ 7% ნატრიუმის კარბონატის ხსნარს და მოცულობა გამოხდილი წყლით მიგვყავდა ნიშან-ხაზამდე, კარგად ვურევდით და ვაყოვნებდით სიბნელეში ოთახის ტემპერატურაზე 60 წუთის განმავლობაში, რეაქციის სტაბილიზაციისათვის. განსაზღვრას ვაწარმოებდით 750 ნმ-ზე 1 სმ სისქის კიუვეტით. საკონტროლოდ ვიღებდით 80%-იანი ეთილის სპირტის 1 მლ-ს და იგივე თანმიმდევრობით ვატარებდით ანაღვს, განსაზღვრის შედეგად მიღებული მონაცემების გადაანგარიშებას ვახორციელებდით გალის მჟავას საკალიბრო მრუდზე [47].

საერთო ფენოლების შემცველობა გამოითვლება ფორმულით:

$$X = (D \cdot K \cdot V \cdot F) \cdot 1000 / m$$

სადაც, X - საერთო ფენოლების შემცველობა, მგ/კგ-ში;

D - ოპტიკური სიმკრივე;

K - გალის მჟავაზე გადაანგარიშების კოეფიციენტი;

F – განზავების ფაქტორი; V–ექსტრაქტის საერთო მოცულობა, მლ;

m – საექსტრაქციოდ აღებული ნედლეულის მასა, გ.

7. ფლავონოიდების რაოდენობრივი განსაზღვრა სპექტრული მეთოდით (AlCl₃-ის რეაქტივი, რუთინზე გადაანგარიშებით). საანალიზოდ აღებული ნიმუშის ექსტრაქციას ვახდენდით 80%-იანი ეთილის სპირტით. ექსტრაქტის საერთო მოცულობიდან აღებულ 1 მლ-ს ვათავსებდით 10 მლ მოცულობის კოლბაში, ვამატებდით 5 მლ გამოხდილ წყალს და 0,3 მლ 5%-იან ნატრიუმის ნიტრიტს, ვაყოვნებდით 5 წუთის განმავლობაში, შემდეგ ვამატებდით 0,3 მლ 10%-იან ალუმინის ქლორიდს, ვაყოვნებდით 6 წუთს, შემდეგ ვუმატებდით 2 მლ 1N ნატრიუმის ჰიდროქსიდს და განსაზღვრას ვახდენდით 510 ნმ-ზე. კონტროლად ვიღებდით შესაბამისი ექსტრაგენტის 1 მლ-ს და გავდიოდით იმავე პროცესს. განსაზღვრის შედეგად მიღებული მონაცემების გადაანგარიშებას ვახორციელებდით რუთინის საკალიბრო მრუდზე.

საერთო ფლავონოიდების შემცველობა გამოითვლება ფორმულით:

$$X = (D \cdot K \cdot V \cdot F) \cdot 1000 / m$$

სადაც, X - საერთო ფლავონოიდების შემცველობა, მგ/კგ-ში;

D-ოპტიკური სიმკვრივე;

K – 0,85 რუთინზე გადაანგარიშების კოეფიციენტი;

F – განზავების ფაქტორი;

V – ექსტრაქტის საერთო მოცულობა, მლ;

m - საექსტრაქციოდ აღებული ნედლეულის მასა, გ.

8. კატექინების რაოდენობრივი განსაზღვრა ვანილინის რეაქტივის საშუალებით, სპექტრული მეთოდით. საანალიზოდ აღებული ნიმუშის ექსტრაქციას ვახდენდით 80%-იანი ეთილის სპირტით, ნიმუშის სრულ გაუფერულებამდე. ექსტრაქტის საერთო მოცულობიდან აღებულ 1 მლ-ს ვამატებდით 3 მლ ვანილინის რეაქტივს და 3 წუთის შემდეგ წითლად შეფერილი ნიმუშის ოპტიკური სიმკვრივის განსაზღვრას ვახდენდით 500 ნმ-ზე. კონტროლად ვიღებდით შესაბამისი ექსტრაგენტის 1 მლ–ს და 3 მლ

ვანილინის რეაქტივს. განსაზღვრის შედეგად მიღებული მონაცემების გადაანგარიშებას ვახდენდით (+)კატექინის საკალიბრო მრუდზე.

კატექინების შემცველობა გამოითვლება ფორმულით:

$$X = (D K V F) \cdot 1000 / m \quad (2.1.3)$$

სადაც, X – კატექინების შემცველობა, მგ/კგ-ში;

D – ოპტიკური სიმკრივე;

K – 35,0 (+) კატექინზე გადაანგარიშების კოეფიციენტი;

F – განზავების ფაქტორი;

V – ექსტრაქტის საერთო მოცულობა, მლ;

m - საექსტრაქციოდ აღებული ნედლეულის მასა, გ.

9. ზეთის კვლევა ინფრაწითელი სპექტროსკოპიისა (Agilent Technologies, Cary 630 FTIR, 400-4000 სმ⁻¹) და აირ-სითხური ქრომატოგრაფიის (TRACE™ 1310 Gas Chromatograph - Thermo Scientific) საშუალებით.

10. ცალკეულ ნივთიერებათა ექსტრაქციისათვის სუპერ კრიტიკული წნევის ფლუიდური (SFE Waters-ის ფლუიდური ექსტრაქტორი მოდელები SFE -100-2-C10 და SFE -500-2- C10, USA) და ულტრაბგერითი ექსტრაქცია (Hielscher-UP 400St ultrasonic processor, Germani. 400W, 24kHz).

11. მშრალი ნივთიერების განსაზღვრა - რეფრაქტომეტრული მეთოდით (AOAC 2005 Official Method)

12. აქტიური მჟავიანობის-pH განსაზღვრა AOAC 2005 მეთოდით;

13. ტიტრული მჟავიანობის განსაზღვრა AOAC 2005 მეთოდით;

14. წყლისა და მშრალი ნივთიერების განსაზღვრა – სტანდარტული, თერმოგრაფიმეტრული მეთოდით (AOAC 2005 Official Method);

15. სტატისტიკური ანალიზი: თითოეულ მონაცემზე გამოთვლილი იქნა სტანდარტული ცდომილება Excel-ის პროგრამის გამოყენებით. სარწმუნოების კოეფიციენტი $p \leq 0.05$.



ა)



ბ)



გ)



დ)

სურათი 19. ა) მაღალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფი; ბ) ულტრამარალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფი; გ) აირ-სითხური ქრომატოგრაფი; დ) ზეკრიტიკული სუპერ ფლუიდური ექსტრაქტორი.

2.3. ფშატის (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) ნაყოფების ტექნიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები

განსაზღვრული იქნა ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb-ს ნაყოფების ორგანოლექტიკური და ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებელი: ნაყოფის ზომა, ფერი, ფორმა, მასა, მოცულობა, რბილობისა და თესლის გამოსავალი, აქტიური მჟავიანობა (pH), ტიტრული მჟავიანობა, მშრალი ნივთიერება (Brix), შაქარ-მჟავა ინდექსი. ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების გასაზომად გამოყენებული იქნა 0,01 მმ მგრძნობიარე ციფრული კალიპერი (Traceable Digital Caliper-6", VWR International). მასა განსაზღვრული იყო 0,01 გ-მდე სიზუსტით (Mettler-Toledo AG, Greifensee).

მცენარე ფშატის მთრიმლავი, მომჟავო - მოტკბო გემოს წითელი ნაყოფები სფეროსებური ფორმისაა. ნაყოფის სიგრძე 6,7–8,6 მმ, სიგანე 8,1–9,3მმ–ია, მასა 0,31–0,55გ, ხოლო მოცულობა კი 0,41-0,54 მლ. ნაყოფის მთლიანი მასის 68-80% რბილობია, 20-32% თესლი (სურათი 20, ცხრილი №1).



სურათი 20. ფშატის *Elaeagnus umbellata* ნაყოფის ტექნიკური მახასიათებლები

ლიტერატურულ მონაცემებთან შედარებით საქართველოს ტერიტორიაზე აღებული ფშატის ნაყოფი გამოირჩევა საკმაოდ კარგი ტექნიკური მახასიათებლებითა და ორგანოლექტიკური თვისებებით [29].

ფშატის ნაყოფების ტექნიკური მახასიათებლები

ცხრილი №1

ნიმუშ ი №	ფერი	გემო	ფორმა	ზომა მმ		მასა 1 ცალი, გ	მოცულობა, 1 ცალი, მლ	მასური წილი %	
				სიგრძე	სიგანე			რბილობი	თესლი
1	წითელი	მომჟაო- მოტკბო (მომლაშო)	მომრგვალო	7,6±0,09	8,2±0,1	0,31±0,002	0,3±0,003	75±1,1	25±0,37
2	წითელი	მომჟავო – მოტკბო	მომრგვალო	7,9±0,09	8,7±0,11	0,4±0,003	0,41±0,004	73±1,09	27±0,4
3	წითელი	ტკბილი (მომლაშო)	მომრგვალო	8,6±0,10	9,3±0,11	0,55±0,004	0,54±0,005	78±1,1	22±0,33
4	წითელი	მოტკბო მომლაშო	მომრგვალო	6,8±0,08	8,2±0,09	0,52±0,004	0,52±0,005	68±1,02	32±0,48
5	წითელი	მოტკბო მომლაშო	მომრგვალო	7,9±0,09	8,1±0,09	0,38±0,003	0,38±0,003	73±1,09	27±0,4
6	წითელი	მოტკბო	მომრგვალო	7,5±0,09	9,1±0,11	0,41±0,003	0,46±0,004	70±1,05	30±0,45
7	წითელი	მოტკბო მომჟავო	მომრგვალო	6,7±0,08	8,1±0,09	0,45±0,003	0,42±0,003	72±1,08	28±0,42
8	წითელი	მომჟავო (მომლაშო)	მომრგვალო	7,5±0,09	9,1±0,11	0,44±0,003	0,44±0,003	80±1,2	20±0,3
9	წითელი	ტკბილი (მომლაშო)	მომრგვალო	7,8±0,09	9,2±0,11	0,47±0,004	0,48±0,004	77±1,15	23±0,34
10	წითელი	მოტკბო- (მომლაშო)	მომრგვალო	7,4±0,08	8,7±0,1	0,43±0,003	0,44±0,003	74±1,11	26±0,39

ნედლეულისა და მზა პროდუქციის ხარისხის განსაზღვრისას მჟავიანობა წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად მახასიათებელს. მცენარეებში მჟავების რაოდენობა დამოკიდებულია ხილისა და ბოსტნეულის სახეობასა და ჯიშზე, ასევე ნედლეულის სიმწიფის ხარისხზე, შენახვისა და გადამუშავების, მოვლა-მოყვანის პირობებზე. გემური თვისებების განსაზღვრავად მიმართავენ შაქარ-მჟავა ინდექსის დადგენას, რომელიც წარმოადგენს სიდიდეს ერთეულის გარეშე. რიცხოვრივად კი შაქრების მასური წილის განაყოფია მჟავათა მასურ წილზე. სიტკბოს აღქმის ზღვარი სხვადასხვა შაქრისათვის განსხვავებულია და შესაძლებელია ნაყოფის გემო შაქრისა და მჟავათა ფარდობით დაახლოებით შემდეგნაირად განისაზღვროს: 25-30- მჟავიანობა არ შეიგრძნება (მაგ.

მსხალი); 10-20-სუსტად მჟავე (ვაშლი, ტკბილი ფორთოხალი); 5-10- მჟავე გემო (ალუბალი); 5-ზე ნაკლები – ძლიერ მჟავე (ლიმონი).

განსაზღვრულ იქნა აგრეთვე ფშატის ნაყოფის ქიმიური მაჩვენებლები. მშრალი ნივთიერების ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა ახალშენის - 12,1%, ხოლო მაღალი 21,3 % სამტრედიის ტერიტორიაზე აღებული ფშატის ნაყოფში (ცხრილი №2). ტიტრული მჟავიანობის მაჩვენებელი მერყობდა 0,46-0,97% მდე, pH-ის მაჩვენებელი კი 3,55 - 4,10 -მდე. ყველაზე მაღალი pH-ით ხასიათდება სენაკის ნიმუში – 3,55, ყველაზე დაბალით კი ახალშენის 4,10. ტიტრული მჟავიანობის მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირებულ იქნა სენაკის 0,97%, ხოლო დაბალი ოზურგეთის ნაყოფში 0,56%.

მშრალი ნივთიერებისა და ტიტრული მჟავების თანაფარდობა, რომელიც გამოსახება შაქარმჟავა ინდექსით ცვალებადობს 14,02 – 30,45 ერთეულის ფარგლებში, რაც შესაბამისად აისახება ნაყოფის ორგანოლექტიკურ თვისებებზე, კერძოდ ნაყოფები 14,02 – 26,1-მდე შაქარმჟავა ინდექსით ხასიათდებიან მოტკბო მომჟავო გემოთი, ხოლო ოზურგეთისა და სამტრედიის ნაყოფები უფრო მაღალი ინდექსით 27,85–30,45 შედარებით ტკბილია და ნაკლებად მჟავე (ცხრილი №2).

ფშატის ნაყოფის ზოგიერთი ქიმიური მახასიათებელი

ცხრილი №2

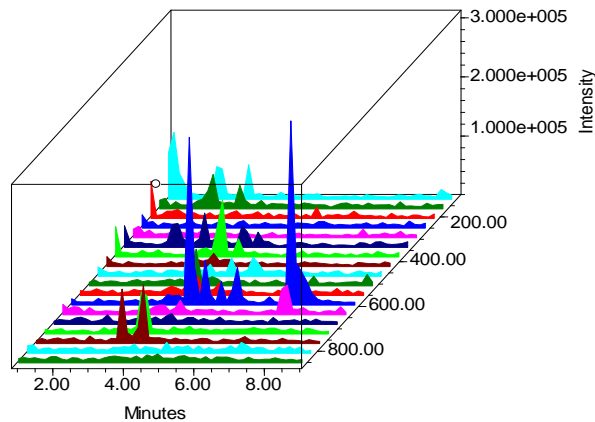
ნიმუში №	მშრალი ნივთიერება %	pH	ტიტრული მჟავიანობა %	შაქარმჟავა ინდექსი
1	13.6±0,02	3.55±0,1	0.97±0,03	14,02±0,28
2	20.1±0,03	4.05±0,12	0.66±0,02	30,45±0,76
3	15.6±0,02	4.07±0,12	0.56±0,02	27,85±0,67
4	15.4±0,02	3.68±0,11	0.59±0,02	26.1±0,52
5	19,4±0,03	3.85±0,11	0.86±0,03	22,56±0,45
6	12.1±0,01	4.10±0,12	0.65±0,02	18,61±0,44
7	17.4±0,02	3.57±0,11	0.81±0,03	21,48±0,41
8	17.0±,02	3.92±0,12	0,72±0,03	23,61±0,44
9	20.2±0,03	3.69±0,11	0,85±0,03	23,76±0,43
10	21.1±0,03	3.76±0,11	0,83±0,03	25,42±0,51

2.4. ფმატის (*Elaeagnus umbellata* Thumb.) ნაყოფისა და ფოთლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი ულტრა მაღალეფექტური (წნევის) სითხური UPLC-PDA, MS, მაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირებისა HPLC-UV, RI და სპექტრული მეთოდებით

2.4.1. ფმატის ნაყოფისა და ფოთლის ფენოლური ნაერთების იდენტიფიკაცია

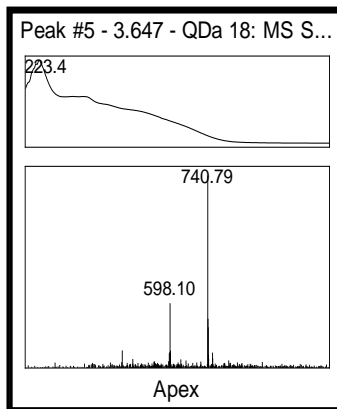
საქართველოს სხვადასხვა ტერიტორიაზე გავრცელებული ფმატის ნაყოფის ფენოლური ნაერთების თვისობრივ შესწავლას ვაწარმოებდით მაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების მეთოდით, ულტრაიისფერი, რეფრაქტომეტრული ინდექსის დეტექტირების მეშვეობით, ხოლო იდენტიფიკაციისათვის გამოყენებული იქნა ულტრამაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირება (UPLC) მას (MS) და ფოტოდოდური (PDA) დეტექტორი. ნაერთების კვლევა, იდენტიფიკაცია და რაოდენობრივი ანალიზი ჩატარდა UPLC-PDA-MS მეთოდის გამოყენებით.

ნივთიერებათა იდენტიფიკაციას ვახდენდით ჩვენს ხელთ არსებული სტანდარტული ნაერთების გამოყენებით და ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზის, ასევე რეცენზირებული ლიტერატურული გამოცემების მონაცემებთან შედარებით [96]. ქრომატოგრაფიულ დაყოფამდე ვახდენდით ნიმუშის მომზადებას ქრომატოგრაფირებისათვის მყარ ფაზოვანი ექსტრაქციით, C18 სვეტზე გატარებით (სურათი 21).



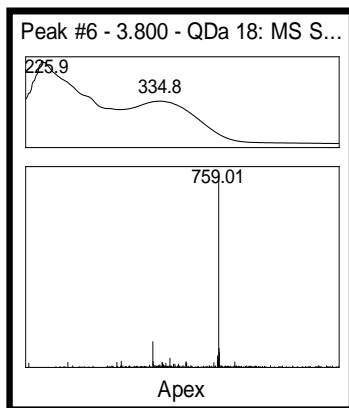
სურათი 21. ფმატის *Elaeagnus umbellata* ნაყოფის UPLC-PDA- MS 3D ქრომატოგრამა

ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფში ფლავონოლ გლიკოზიდების LC-MS-PDA კვლევამ საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა შემდეგი ნაერთების იდენტიფიკაცია:
ნივთიერება 1 [M-H]⁻ m/z 740,79 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 3,647 შთანთქმის მაქსიმუმით 223,4 nm. ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 1 შეესაბამება **Quercetin-O-(pentosyl)hexoside-O-rhamnoside** (სურათი 22)



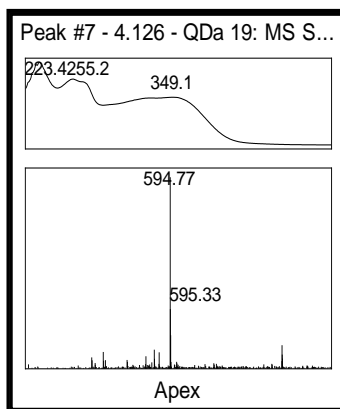
სურათი 22. ნივთიერება 1 UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 2 [M-H]⁻ m/z 759,01 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 3,800, შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 225,9nm და 334,8 nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 2 შეესაბამება **Isorhamnetin-O-glucuronide derivative** (სურათი 23)



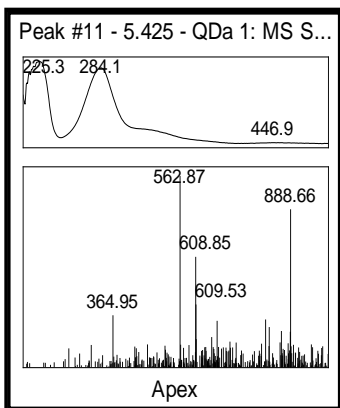
სურათი 23. ნივთიერება 2 UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 3 [M-H]⁻ m/z 594,77 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 4,126 შთანთქმის 3 მაქსიმუმით 223,4nm, 255,2nm და 349,1nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 3 შეესაბამება **Quercetin-O-(pentosyl)hexoside** (სურათი 24).



სურათი 24. ნივთიერება 3-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

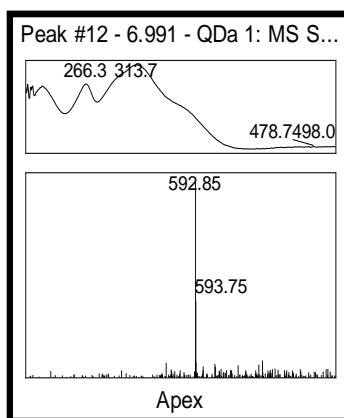
ნივთიერება 4 [M-H]⁻ m/z 562,87 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 5,425 შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 225,3 nm და 284,1nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 4 შეესაბამება **Sinapic acid-O-pentosyl(hexoside) (formate adduct)** (სურათი 25).



სურათი 25. ნივთიერება 4-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

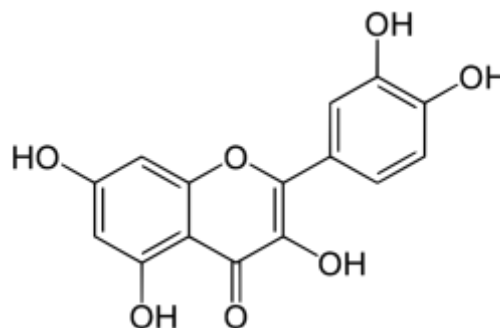
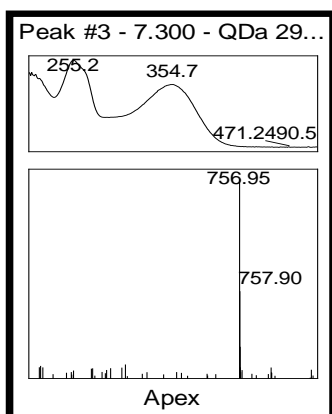
ნივთიერება 5 [M-H]⁻ m/z 592,85 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 6,991 შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 266,3nm და 313,7nm ნივთიერებათა მასის

<https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 5 შეესაბამება **Kaempferol-O-(coumaroyl)hexoside** (სურათი 26).



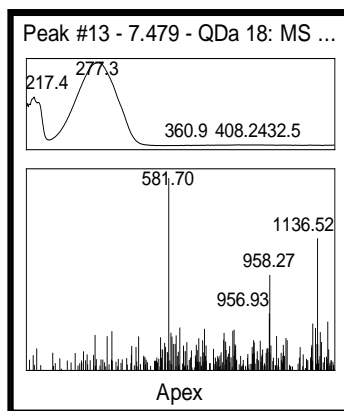
სურათი 26. ნივთიერება 5-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 6 $[M-H]^-$ m/z 756,95 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 7,300, შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 255,2 nm და 354,7 nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 6 შეესაბამება **Quercetin-O-(pentosyl)hexoside-O-hexoside** (სურათი 27).



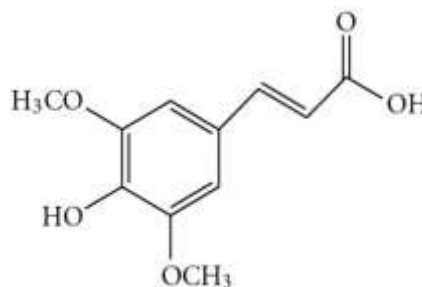
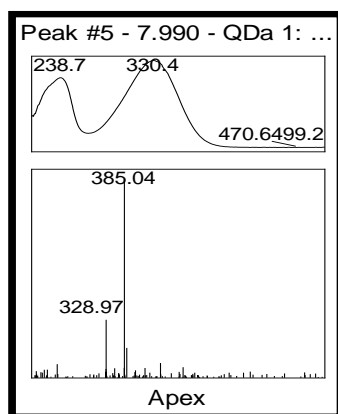
სურათი 27. ნივთიერება 6-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 7 $[M-H]^-$ m/z 581,70 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 7,479 შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 217,4nm და 277,3 nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 7 შეესაბამება **Diosmetin-8-C-hexoside-C-hexoside** (სურათი 28).



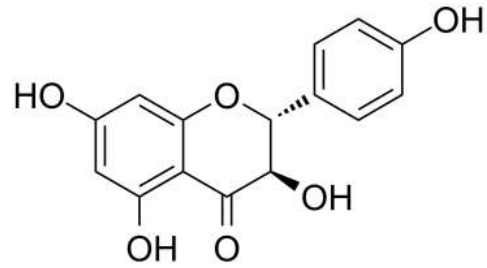
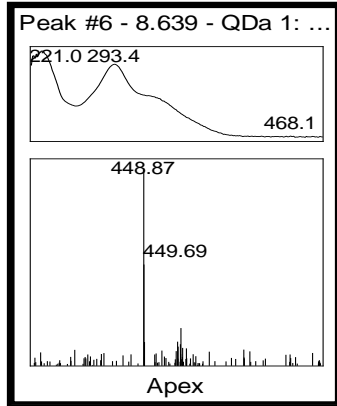
სურათი 28. ნივთიერება 7-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 8 $[M-H]^-$ m/z 385,04 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 7,990, შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 238,7 nm და 330,4 nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 8 შეესაბამება **Sinapic acid-O-hexoside**, (სურათი 29).



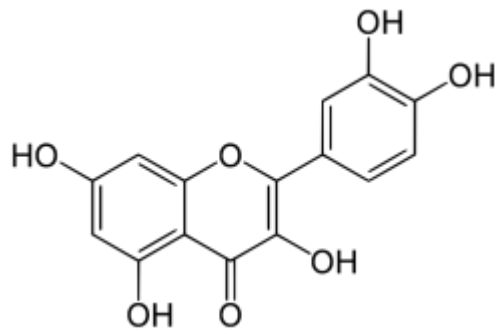
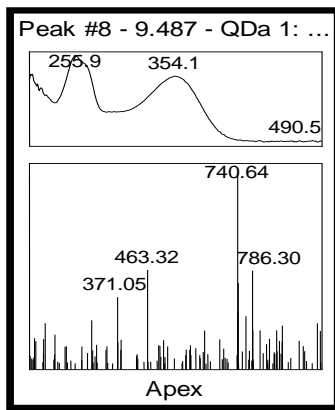
სურათი 29. ნივთიერება 8-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 9 $[M-H]^-$ m/z 448,87 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 8,639, შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 221.0 ნმ და 293.4 ნმ ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 9 შეესაბამება **Dihydrokaempferol-O-hexoside**, (სურათი 30).



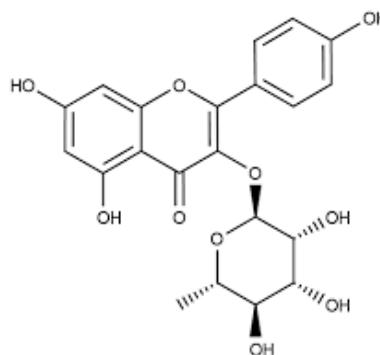
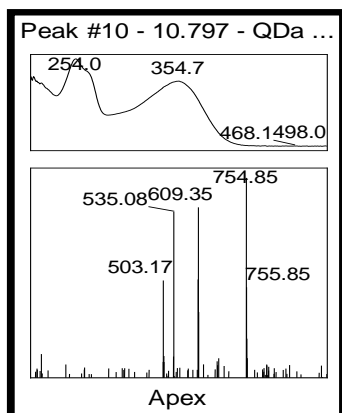
სურათი 30. ნივთიერება 9-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 10 $[M-H]^-$ m/z 463,32 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 9,487, შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 255,9nm და 354,1nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 10 შეესაბამება **Quercetin-O-hexoside**, (სურათი 31).



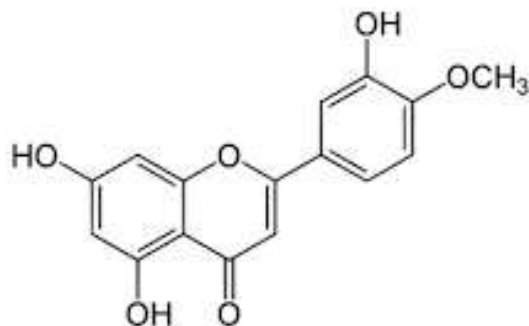
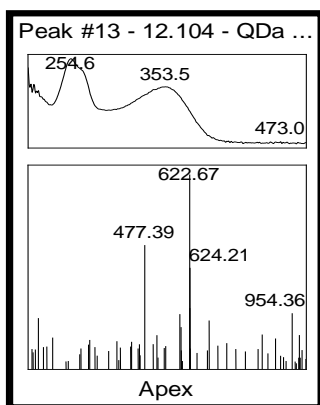
სურათი 31. ნივთიერება 10-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 11 $[M-H]^-$ m/z 754,85 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 10,797, შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 254,0 nm და 354,7nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 11 შეესაბამება **Kaempferol-O-dihexoside-O-rhamnoside**, (სურათი 32).



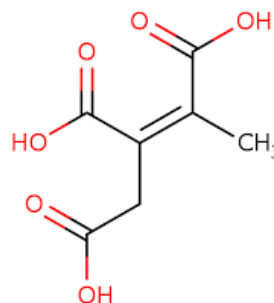
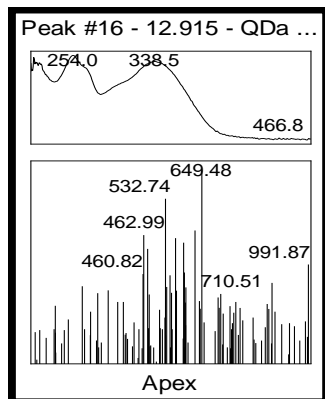
სურათი 32. ნივთიერება 11-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 12 $[M-H]^-$ m/z 622,67 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 12,104 შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 254,6nm და 353,5nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 12 შეესაბამება **Diosmetin-O-dihexoside**, (სურათი 33).



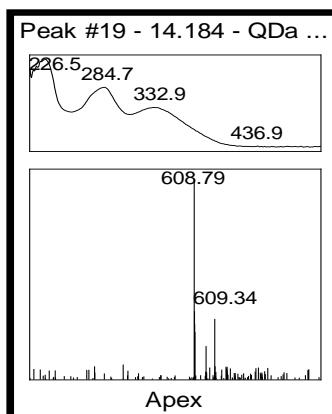
სურათი 33. ნივთიერება 12-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 13 $[M-H]^-$ m/z 649,48 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 12,915 შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 254,0nm და 338,5nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 13 შეესაბამება **2-Methylaconitate derivative**, (სურათი 34).



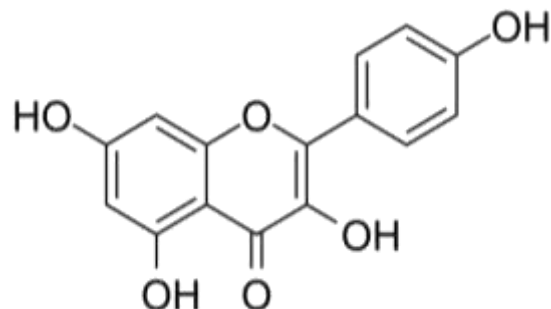
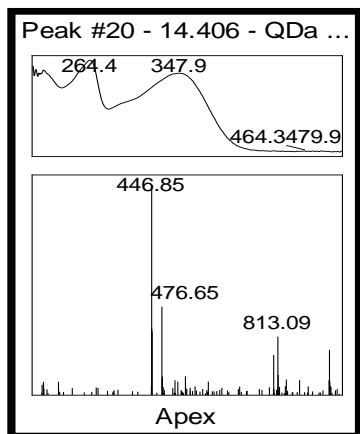
სურათი 34. ნივთიერება 13-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 14 $[M-H]^-$ m/z 608,79 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 14,184 შთანთქმის 3 მაქსიმუმით 226,5nm, 284,7nm და 332,9nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 14 შეესაბამება **Kaempferol-O-dihexoside**, (სურათი 35).



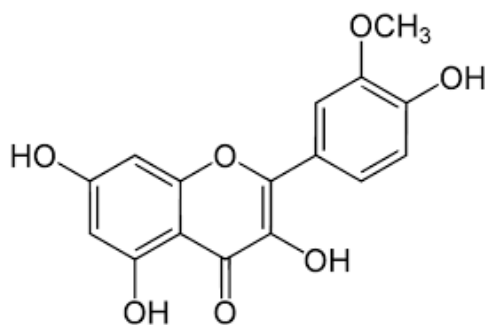
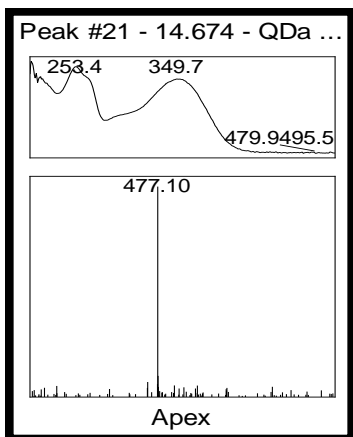
სურათი 35. ნივთიერება 14-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 15 $[M-H]^-$ m/z 446,85 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 14,406 შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 264,4nm და 347,9nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 15 შეესაბამება **Kaempferol-O-hexoside**, (სურათი 36).



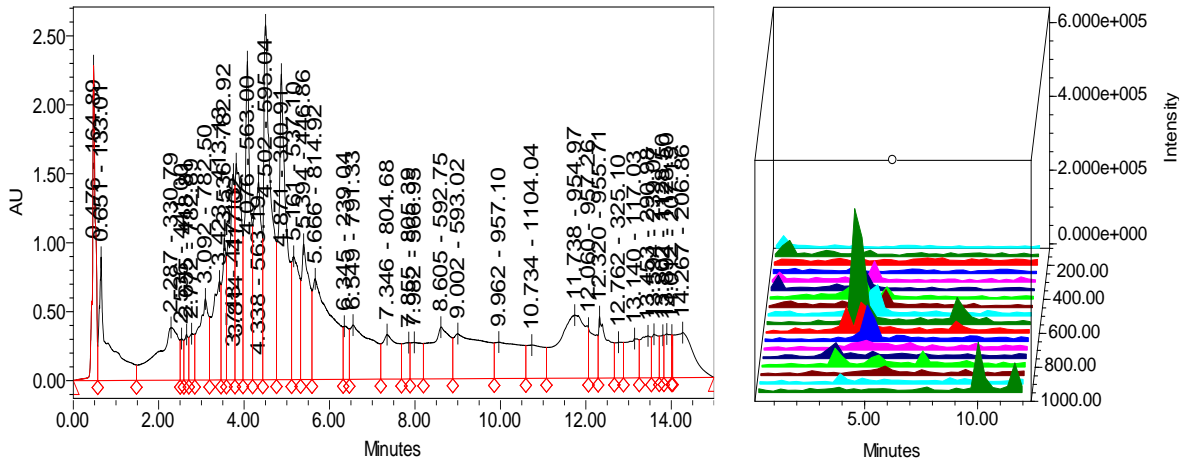
სურათი 36. ნივთიერება 15-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 16 $[M-H]^-$ m/z 477,10 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 14,674 შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 253,4 nm და 349,7nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 16 შეესაბამება **Isorhamnetin-O-hexoside**, (სურათი 37).



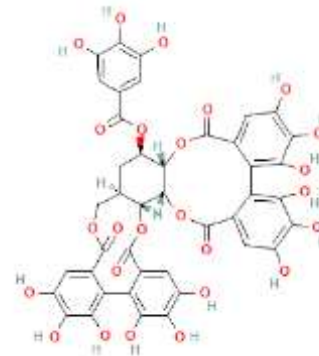
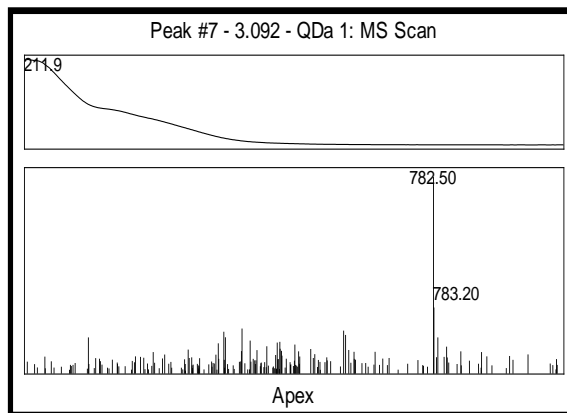
სურათი 37. ნივთიერება 16-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ფოთოლში ფლავონოლ გლიკოზიდების LC-MS-PDA კვლევამ საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა შემდეგი ნაერთების იდენტიფიკაცია, (სურათი 38).



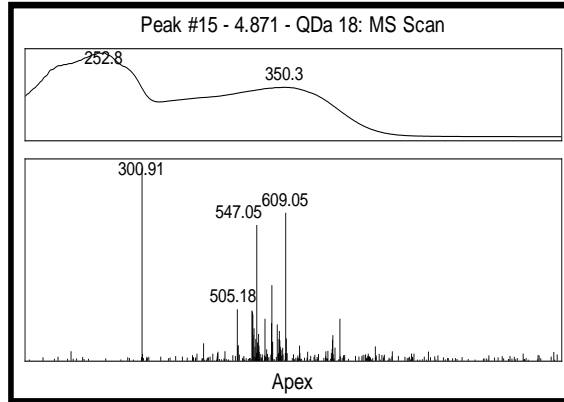
სურათი 38. ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ფოთლის UPLC-PDA- MS 3D ქრომატოგრამა

ნივთიერება 17 [M-H]⁻ m/z 782,50 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 3,092, შთანთქმის მაქსიმუმით 211,9 nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 17 შეესაბამება **bis-HHDP-O-glucose** (სურათი 39).



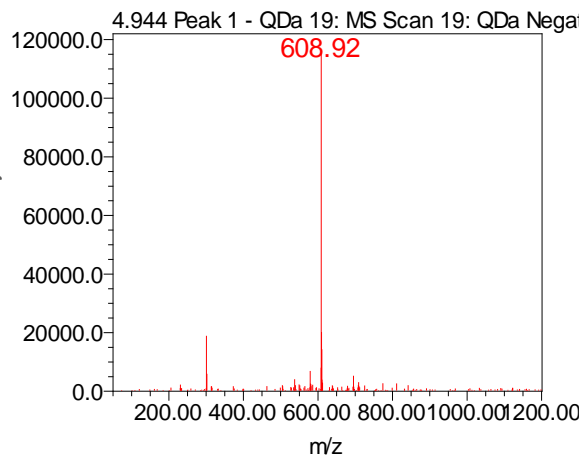
სურათი 39. ნივთიერება 17-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 18 [M-H]⁻ m/z 547,05 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 4,871 შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 252,8nm და 350,3nm ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 18 შეესაბამება **Saccharide** (სურათი 40).



სურათი 40. ნივთიერება 18-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 19 [M-H]⁻ m/z 608,92 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 4,944 ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზით და ლიტერატურით ნივთიერება 19 შესაბამება **Isorhamnetin-O-pentosyl(hexoside)** (სურათი 41).



სურათი 41. ნივთიერება 19-ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

გარდა ამისა ფშატის ფოთოლში ნაყოფის მსგავსად იდენტიფიცირებული იქნა ნივთიერება 3 (Quercetin-O-(pentosyl)hexoside), ნივთიერება 4 (Sinapic acid-O-pentosyl(hexoside) (formate adduct)), ნივთიერება 5 (Kaempferol-O-(coumaroyl)hexoside), ნივთიერება 15 (Kaempferol-O-hexoside).

2.4.2. ფშატის ნაყოფისა და ფოთლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების - საერთო ფენოლების, ფლავონოიდებისა და კატექინების რაოდენობრივი განსაზღვრა და მათი ანტიოქსიდანტური აქტიურობის დადგენა

შესწავლილია საქართველოს ოთხ სხვადასხვა რეგიონის სამეგრელოს (სენაკი), გურიის (ოზურგეთი), იმერეთისა (სამტრედია) და აჭარის (ხულო, ქედა, აჭარისწყალი, ხელვაჩაური, ქობულეთი, ახალშენი, ურეხი) ტერიტორიაზე აღებული ფშატის 10 ნიმუშის ნაყოფებისა და ფოთლების ფენოლური ნაერთები. განსაზღვრული იქნა საერთო ფენოლების, ფლავონოიდებისა და ფლავან-3-ოლების რაოდენობრივი შემცველობა და დადგენილი იქნა მათი ანტიოქსიდანტური აქტივობა.

ფშატის ნაყოფებში საერთო ფენოლების, ფლავონოიდების, კატექინების შემცველობა და მათი ანტიოქსიდანტური აქტივობა

ცხრილი №3

ნიმუში №	საერთო ფენოლები მგ/100გ ნედლ მასაზე	ფლავონოიდები მგ/100გ ნედლ მასაზე	კატექინები მგ/100გ ნედლ მასაზე	ანტიოქსიდანტური აქტივობა DPPH -ის 0.1 H 50 % ინჰიბირება მგ, ნიმუშით
1	230,1±4,60	125,08±2,50	86,28±1,73	16,01±0,32
2	222,92±4,46	121,57±2,43	78,36±1,57	17,90±0,36
3	298,00±5,96	186,4±3,73	96,02±1,92	13,51±0,27
4	209,18±4,18	112,06±2,24	76,54±1,53	21,35±0,43
5	267,65±5,35	168,58±3,37	91,90±1,84	14,79±0,30
6	308,00±6,16	188,58±3,77	106,90±2,14	14,13±0,28
7	334,00±6,68	196,8±3,94	123,8±2,48	12,36±0,25
8	379,46±7,59	208,01±4,16	138,99±2,78	11,64±0,23
9	454,00±9,08	270,85±5,42	145,52±2,91	11,03 ±0,22
10	520,63±10,41	338,62±6,77	160,92±3,22	10,71±0,21

ფშატის *Elaeagnus umbellate* Thunb-ს ნაყოფებში საერთო ფენოლების რაოდენობა მერყეობს 209,18–520,63 მგ/100გ, ფლავონოიდების 112,06–338,62 მგ/100გ, ხოლო კატექინების 76,54–160,92მგ/100გ (ნედლ მასაზე) ფარგლებში. სამივე შემთხვევაში

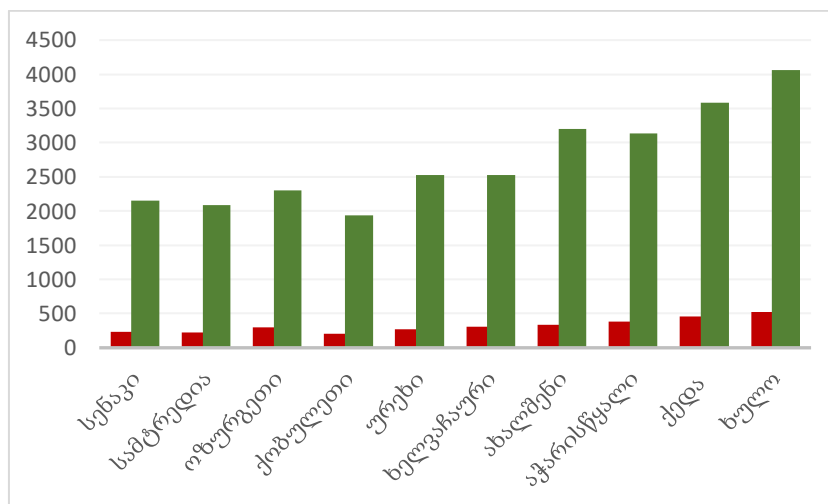
ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა ხულოს ტერიტორიაზე აღებულ ნიმუშში, საერთო ფენოლები 520,63მგ/100გ, ფლავონოიდები 338,62 მგ/100გ, კატექინები 160,92მგ/100გ, ხოლო ყველაზე დაბალი მაჩვენებლებით გამოირჩეოდა ქობულეთის ნიმუში, საერთო ფენოლების რაოდენობა იყო 209,18მგ/100გ, ფლავონოიდების 112,06მგ/100გ, კატეხინების 76,54 მგ/100გ. ასევე დადგენილი იქნა მათი ანტიოქსიდანტური აქტიურობა. ფშატის ნაყოფში ანტიოქსიდანტური აქტივობის მაჩვენებელი მერყეობდა 10,71–21,35 (DPPH -ის 0.1 H 50 % ინჰიბირება მგ, ნიმუშით) ერთეულის ფარგლებში. მაღალი აქტივობით გამოირჩეოდა ხულოს ნიმუში 10,71, ხოლო დაბალით კი ქობულეთის 21,35 (ცხრილი №3).

**ფშატის ფოთლებში საერთო ფენოლების, ფლავონოიდების, კატექინების
შემცველობა და მათი ანტიოქსიდანტური აქტივობა**

ცხრილი №4

ნიმუში №	საერთო ფენოლები მგ/100გ ნედლ მასაზე	ფლავონოიდები მგ/100გ ნედლ მასაზე	კატექინები მგ/100გ ნედლ მასაზე	ანტიოქსიდანტური აქტივობა DPPH -ის 0.1 H 50 % ინჰიბირება მგ, ნიმუშით
1	2150,23±21,50	1505,24±15,05	595,38±5,95	2,60±0,02
2	2087,38±20,87	1460,87±14,60	577,43±5,77	2,72±0,02
3	2300,15±23,00	1623,45±16,23	637,21±6,37	2,44±0,02
4	1936,40±19,36	1355,25±13,55	563,26±5,63	3,04±0,03
5	2527,04±25,27	1718,36±17,18	789,50±7,89	2,39±0,02
6	2832,00±28,32	1915,76±19,15	902,08±9,02	2,17±0,02
7	3200,00±32,01	2173,54±21,73	1014,22±10,14	2,05±0,02
8	3136,80±31,36	2118,48±21,18	1004,32±10,04	1,94±0,01
9	3582,50±35,82	2435,76±24,35	1100,24±11,21	1,69±0,01
10	4058,00±40,58	2827,59±28,27	1174,03±11,74	1,13±0,01

ფშატის *Elaeagnus umbellate* Thunb-ს ფოთლებში საერთო ფენოლების რაოდენობა მერყეობს 1936,40–4058,00 მგ/100გ, ფლავონოიდების 1355,25–2827,59მგ/100გ, ხოლო კატეჩინების 563,26–1174,03 მგ/100გ (ნედლ მასაზე) ფარგლებში. ფშატის ფოთლებშიც ნაერთების კვლევისას მაღალი შემცველობა დაფიქსირდა ხულოს, ხოლო დაბალი კი ქობულეთის ტერიტორიაზე აღებულ ნიმუშში. ხულოს ნიმუშში საერთო ფენოლების რაოდენობა იყო 4058,00 მგ/100გ, ფლავონოიდები 2827,59 მგ/100გ, კატეჩინები 1174,03 მგ/100გ, ხოლო ქობულეთის ნიმუშში კი, საერთო ფენოლები 1936,40 მგ/100გ, ფლავონოიდების 1355,25 მგ/100გ, კატეჩინების 563,26 მგ/100გ. ასევე დადგენილი იქნა მათი ანტიოქსიდანტური აქტივობა. ნაერთების შემცველობიდან გამომდინარე, შესაბამისად ფშატის ფოთოლში ანტიოქსიდანტური აქტივობის მაჩვენებელი მერყეობდა 1,13–3,04 (DPPH -ის 0.1 H 50 % ინჰიბირება მგ, ნიმუშით) ერთეულის ფარგლებში. მაღალი აქტივობით გამოირჩეოდა ხულოს ნიმუში 1,13, ხოლო დაბალით ქობულეთის 3,04 (ცხრილი №4).



დიაგრამა 1. ფშატის ნაყოფებისა და ფოთლების ფენოლური ნაერთების დიაგრამა მგ/100გ (ნედლ მასაზე)

ზემოთ აღნიშნული მონაცემების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ფშატის *Elaeagnus umbellate* Thunb-ს ნიმუშებში ნაერთების კვლევისას ნაყოფთან შედარებით 5-ჯერ მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა ფოთოლში. ეს განპირობებულია ფოთოლში მიმდინარე ინტენსიური ბიოსინთეზით. გარდა ამისა ნაყოფებშიც და ფოთლებშიც

ნაერთების მაღალი შემცველობა აღინიშნებოდა ზღვის დონიდან ყველაზე მაღალ სიმაღლეზე (ხულო) აღებულ ნიმუშში (დიაგრამა 1), რაც პირდაპირ არის დამოკიდებული მკაცრ კლიმატურ პირობებში მცენარის მაღალ იმუნიტეტთან, რომელიც განპირობებულია ფენოლოური ნაერთების მაღალი შემცველობით.

2.4.3. ფშატის (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) ნაყოფის ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი ულტრა მაღალეფექტური (წნევის) სითხური UPLC-PDA, MS და მაღალი წნევის სითხური HPLC-UV, RI

ქრომატოგრაფირების მეთოდით

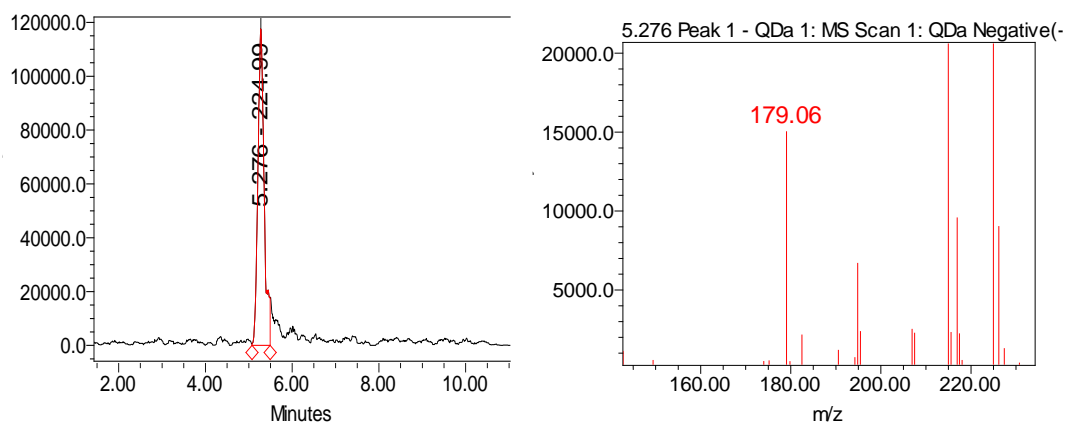
ხილისა და ბოსტნეულის ხარისხის განსაზღვრაში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან კომპონენტს წარმოადგენს თავისუფალი შაქრები მონო და დისაქარიდები [3, 28-29,32].

მცენარეთა განვითარების, განსაკუთრებით ხილის დამწიფების პროცესში, მნიშვნელოვან ფუნქციას ასრულებენ ორგანული მჟავები. ისინი ხასიათდებიან მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტიურობით და გააჩნიათ დამცავი როლი სხვადასხვა დაავადებების მიმართ. ორგანული მჟავები - ორგანულ ნაერთთა დიდი ჯგუფია, რომელიც ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში. ისინი მცენარეებში წარმოიქმნება ნივთიერებათა ცვლის სხვადასხვა ეტაპზე და წარმოადგენენ შაქრების არასრული დაჟანგვის პროდუქტებს, ასევე ძირითად მასალას ნახშირწყლების, ამინომჟავების, ლიპიდების და სხვა ნაერთების სინთეზისათვის. ორგანული მჟავები გვხვდება უჯრედულ წვენში, როგორც თავისუფალი, ასევე მარილებისა და ეთერების (სპირტებთან ერთად) სახით.

საანალიზოდ აღებული ფშატის ნაყოფების ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების თვისობრივი ანალიზი ვაწარმოეთ ულტრამაღალეფექტური (წნევის) სითხური UPLC-PDA, MS ქრომატოგრაფირების მეთოდით.

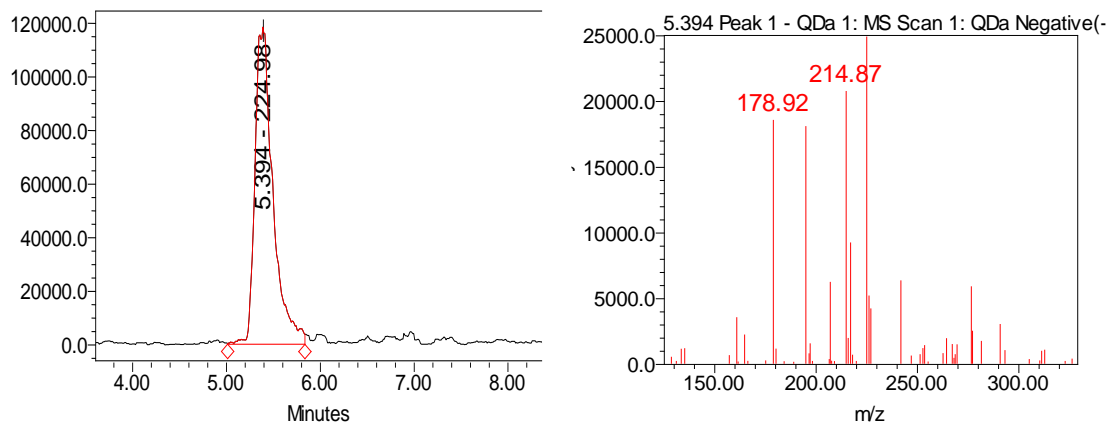
ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფში იდენტიფიცირებული იქნა 3 დომინანტი ნახშირწყალი: გლუკოზა, ფრუქტოზა და საქაროზა.

ნივთიერება 20 [M-H]⁻ m/z 179.06, მაგრამ ჭიანჭველმუყავას მიერთების შედეგად წარმოიქმნება ფსევდო მოლეკულა m/z224.99. ქრომატოგრამაზე შეკავების დრო 5.276 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV სპექტრზე არ ჩანს. სტანდარტულ ნაერთთან და METLIN ნაერთების მასების ბაზის შედარებით, ნივთიერება 20 შეესაბამება გლუკოზას (სურათი 42).



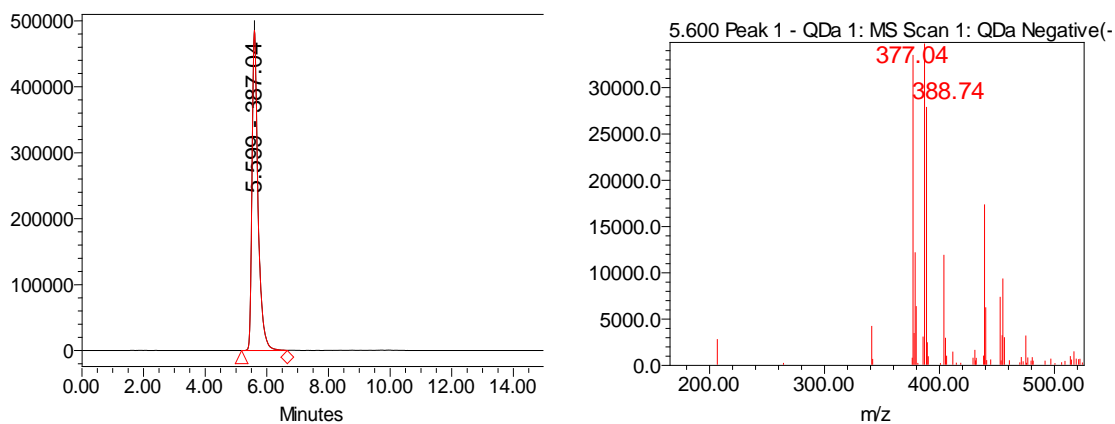
სურათი 42. ნივთიერება 20-ის (გლუკოზა) UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 21 [M-H]⁻ m/z 178.92, მაგრამ ჭიანჭველმუყავას მიერთების შედეგად წარმოიქმნება ფსევდო მოლეკულა m/z224.98, ხოლო ქლორის იონთან მიერთების შედეგად წარმოიქმნება m/z 214.87. შეკავების დრო 5.394 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV სპექტრზე არ ჩანს. სტანდარტულ ნაერთთან და METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 21 შეესაბამება ფრუქტოზას (სურათი 43).



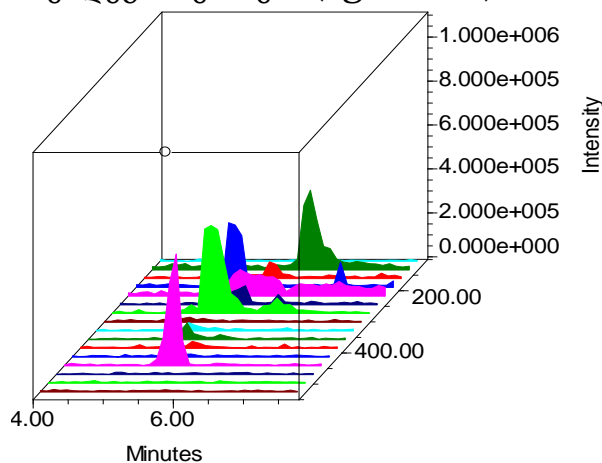
სურათი 43. ნივთიერება 21-ის (ფრუქტოზა) UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 22 [M-H]⁻ m/z 341.10, მაგრამ ჭიანჭველმჟავას მიერთების შედეგად წარმოიქმნება ფსევდო მოლეკულა m/z387.04, ხოლო ქლორის იონთან მიერთების შედეგად წარმოიქმნება m/z 377.04. შეკავების დრო 5.600 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV სპექტრზე არ ჩანს. სტანდარტულ ნაერთთან და METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 22 შეესაბამება საქაროზას (სურათი 44).

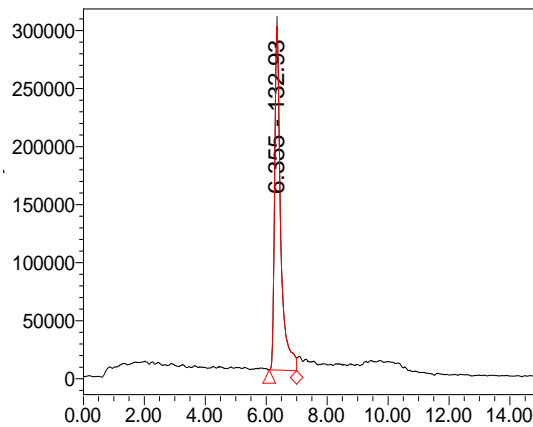


სურათი 44. ნივთიერება 22-ის (საქაროზა) UPLC-PDA-MS სპექტრი

ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფში ორგანული მჟავების კვლევისას იდენტიფიცირებული იქნა შემდეგი ნაერთები (სურათი 45):

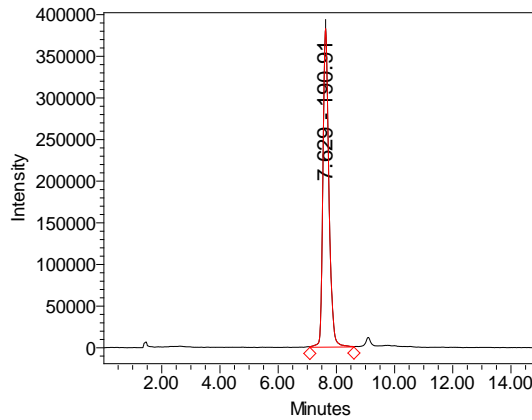


სურათი 45. ფშატის ნაყოფის ორგანული მჟავების UPLC-PDA- MS 3D ქრომატოგრამა
ნივთიერება 23 [M-H]⁻ m/z 132,93 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 6,355 ლიტერატურით ნივთიერება 23 შეესაბამება ვაშლის მჟავას (სურათი 46).



სურათი 46. ნივთიერება 23 ვაშლის მჟავას UPLC-PDA-MS სპექტრი

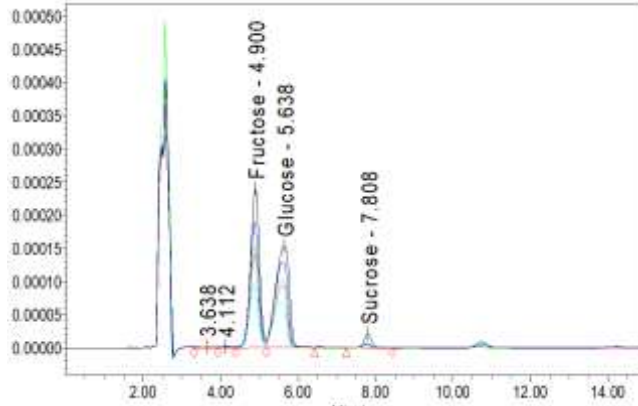
ნივთიერება 24 [M-H]⁻ m/z 190,91 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 7,629 ლიტერატურით ნივთიერება 24 შეესაბამება ლიმონმჟავას (სურათი 47).



სურათი 47. ნივთიერება 24 ლიმონმჟავას UPLC-PDA-MS სპექტრი

ფმატის ნაყოფის ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების რაოდენობრივი ანალიზი ვაწარმოეთ მაღალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფირების HPLC-UV, RI მეთოდით. ნახშირწყლების ქრომატოგრაფირებისათვის საანალიზო ნიმუშის ცენტრიფუგირებულ წყლიან ექსტრაქტს (1:1) ვუმატებდით 80%-იან აცეტონიტრილს (1:1) (მოძრავი ფაზა) და ნიმუშს ვფილტრავდით 0,45მკრ ზომის ფილტრში.

ორგანული მჟავების ქრომატოგრაფირებისათვის საანალიზო ნიმუშის ექსტრაგირებას ვახდენდით 1%-იანი ფოსფორმჟავით (2:1 თანაფარდობით), პექტინოვანი ნივთიერებების დასალექად ვამუშავებდით 96%-იანი სპირტით 1:1 თანაფარდობით, შემდგომ ცენტრიფუგირებულ ნიმუშს ვფილტრავდით 0,45მკრ ზომის ფილტრში.



სურათი 48. ფშატის ნაყოფის ნახშირწყლების საერთო ქრომატოგრამა

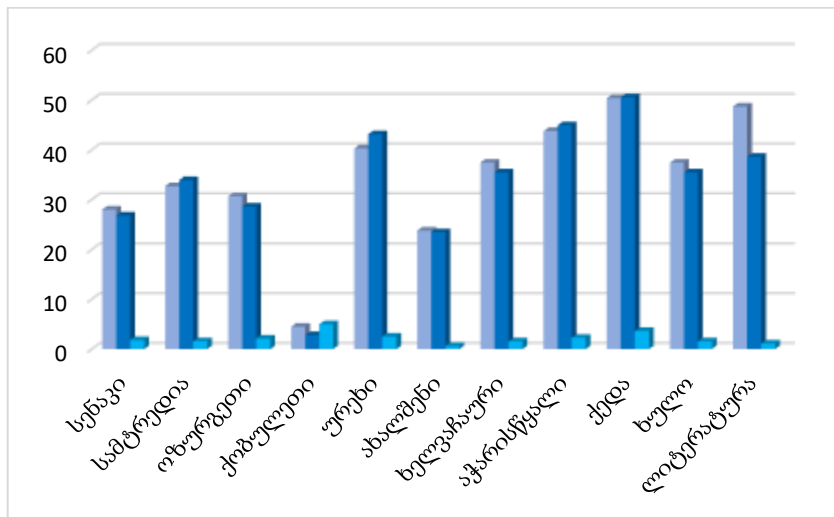
ფშატის ნაყოფში ნახშირწყლების რაოდენობრივი შემცველობა

ცხრილი № 5

ნიმუში №	ფრუქტოზა გ/კგ	გლუკოზა გ/კგ	საქაროზა გ/კგ	შაქრების ჯამი გ/კგ
1	28,03±0,42	26,81±0,40	1,82±0,03	56,66±0,85
2	32,71±0,49	33,94±0,51	1,60±0,02	68,25±1,02
3	30,68±0,46	28,62±0,43	2,13±0,03	61,43±0,92
4	17,28±0,26	16,55±0,25	0,71±0,01	34,54±0,52
5	39,85±0,60	35,47±0,53	1,56±0,02	74,47±1,12
6	23,81±0,36	23,48±0,35	0,62±0,01	47,91±0,72
7	39,54±0,59	30,47±0,46	1,24±0,02	74,47±1,12
8	40,30±0,60	43,17±0,65	2,53±0,04	86,0±1,29
9	50,37±0,76	50,58±0,76	3,66±0,05	104,41±1,57
10	43,77±0,66	44,95±0,67	2,29±0,03	91,01±1,37

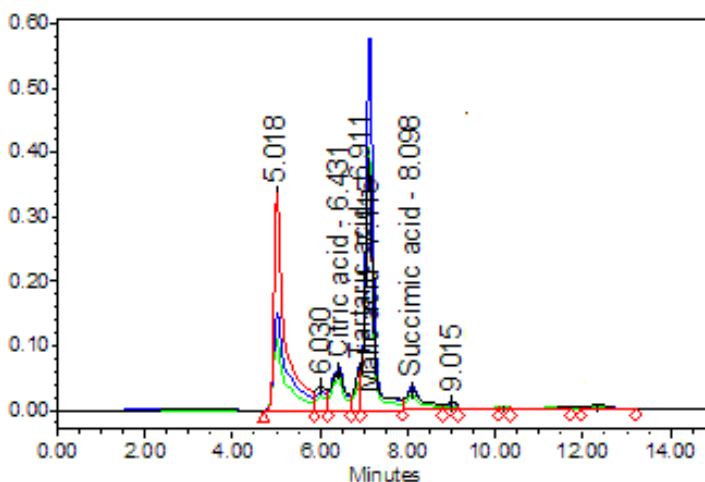
მაღალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფირების საშუალებით დადასტურდა რომ, ფშატის ნაყოფში საერთო ნახშირწყლების შემცველობა მერყეობს 34,54 – 104,41 გ/კგ ფარგლებში, წარმოდგენილ ნიმუშებში დომინანტია გლუკოზა 16,55–50,58 გ/კგ და ფრუქტოზა 17,28 – 50,37 გ/კგ, მცირე რაოდენობითაა საქაროზა 0,62 – 3,66 გ/კგ. ნახშირწყლების შედარებით მაღალი შემცველობით გამოირჩევა ქედის ნიმუში ნახშირწყლების საერთო ჯამი 104,41 გ/კგ, ფრუქტოზა:გლუკოზა:საქაროზა

წარმოდგენილია შემდეგი ფარდობით 0,99:1:0,07, ხოლო დაბალი მაჩვენებელი აქვს ქობულეთის ნიმუშს 34,54 გ/კგ, სადაც ფრუქტოზა:გლუკოზა:საქაროზა წარმოდგენილია 1:0,96:0,04 ფარდობით (ცხრილი №5, სურათი 48, დიაგრამა 2).



დიაგრამა 2. ნახშირწყლების რაოდენობრივი თანაფარდობა

ორგანული მჟავების კვლევისას მაღალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფიების მეთოდით იდენტიფიცირებული იქნა ოთხი მჟავა: ვაშლის მჟავა, ლიმონმჟავა, ღვინის მჟავა და ქარვის მჟავა. რაოდენობრივი ანალიზით დადასტურდა რომ, დომინანტ მჟავას წარმოადგენს ვაშლის მჟავა, რომელიც 275–501 მგ/100გ-ის ფარგლებში მერყეობს (ცხრილი №6, სურათი 49).



სურათი 49. ფშატის ნაყოფის ორგანული მჟავების საერთო ქრომატოგრამა

ფშატის ნაყოფში ორგანული მჟავების რაოდენობრივი შემცველობა

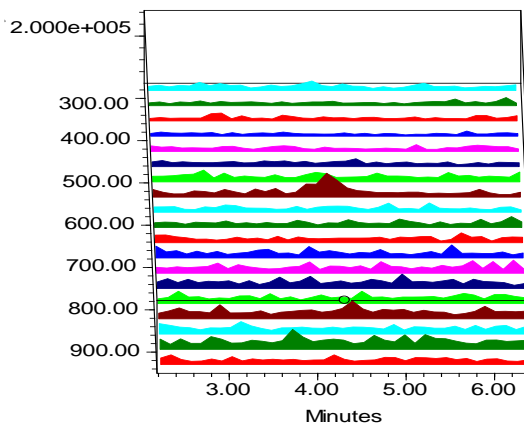
ცხრილი №6

ნიმუში №	ლიმონმჟავა მგ/100გ	ვაშლის მჟავა მგ/100გ	ღვინის მჟავა მგ/100გ	ქარვის მჟავა მგ/100გ
1	79±1,58	501±10,02	30±0,60	135±2,70
2	59±1,18	382±7,64	53±1,06	91±1,82
3	42±0,84	275±5,50	48±0,96	94±1,88
4	28±0,56	355±7,10	47±0,94	133±2,66
5	45±0,90	311±6,22	114±2,28	87±1,74
6	60±1,20	277±5,54	108±2,16	76±1,52
7	73±1,46	427±8,54	33±0,66	165±3,30
8	26±0,52	314±6,28	70±1,40	156±3,12
9	82±1,64	425±8,50	110±2,20	167±3,34
10	96±1,92	438±8,76	117±2,34	175±3,50

უცხოურ ლიტერატურულ მონაცემებთან შედარებით ნახშირწყლების რაოდენობრივი შემცველობა თითქმის ერთნაირია [102]. ფშატის ნაყოფში იდენტიფიცირებულია ფრუქტოზა, გლუკოზა და საქაროზა, რომელთაგან დომინანტს წარმოადგენს ფრუქტოზა და გლუკოზა [11], ისევე როგორც ჩვენს ნიმუშებში. რაც შეეხება ორგანულ მჟავებს, ლიტერატურული მონაცემებით ფშატის ნაყოფში იდენტიფიცირებულია ექვსი ორგანული მჟავა [29,83]. ჩვენს მიერ იდენტიფიცირებული იქნა მხოლოდ ოთხი, კერძოდ ვაშლის მჟავა, ლიმონმჟავა, ღვინის მჟავა და ქარვის მჟავა, სადაც დომინანტს ასევე წარმოადგენდა ვაშლის მჟავა.

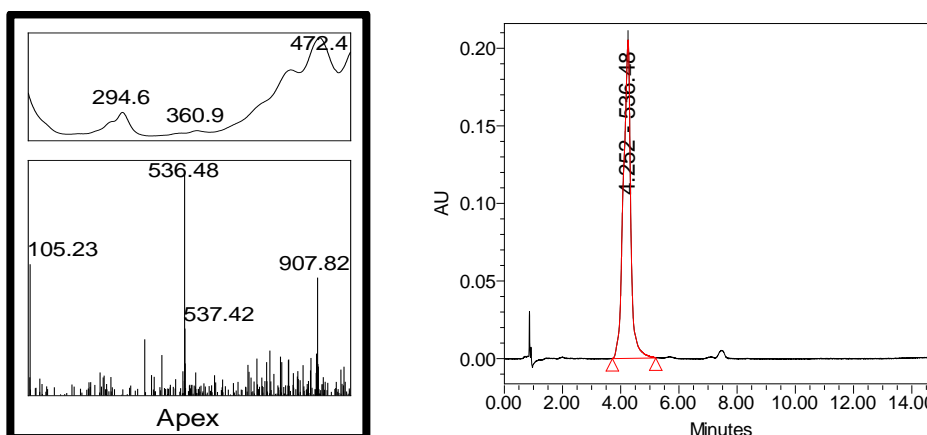
2.4.4. ფშატის (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) ნაყოფში კაროტინოიდების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი ულტრა მაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფირების UPLC-PDA, MS და სპექტრული მეთოდებით

ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფში კაროტინოიდების კვლევისას (სურათი 50) ლიტერატურულ მონაცემებთან შედარებით [84] იდენტიფიცირებული იქნა შემდეგი ნაერთები:



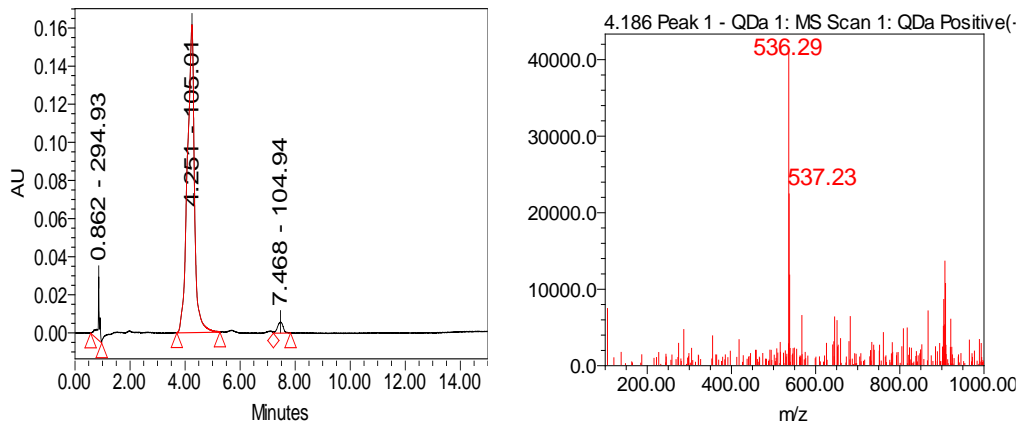
სურათი 50. ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფის კაროტინოიდების UPLC-PDA-MS 3D ქრომატოგრამა

ნივთიერება 25 $[M]^+$ m/z 536,48 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 4,251 შთანთქმის მაქსიმუმით 472,4 nm, ლიტერატურით ნივთიერება 25 შეესაბამება ლიკოპენს (სურათი 51).



სურათი 51. ნივთიერება 25–ის UPLC-PDA- MS სპექტრი

ნივთიერება 26 $[M+H]^+$ m/z 537,42 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 7,468 შთანთქმის 2 მაქსიმუმით 453,1 და 379,8nm, ლიტერატურით ნივთიერება 26 შეესაბამება β კაროტინს (სურათი 52).



სურათი 52. ნივთიერება 26–ის UPLC-PDA- MS სპექტრი

ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფში სპექტრული მეთოდით განსაზღვრული იქნა საერთო კაროტინოიდების, ლიკოპენისა და β კაროტინის რაოდენობრივი შემცველობა.

ფშატის ნაყოფში საერთო კაროტინოიდების, ლიკოპენისა და β კაროტინის რაოდენობრივი ანალიზი.

ცხრილი №7

ნომერი №	ლიკოპენი მგ/100გ	β კაროტინი მგ/100გ	საერთო კაროტინოიდები მგ/100გ
1	43,25±0,87	0,39±0,01	54,06±1,08
2	42,85±0,86	0,35±0,01	53,56±1,07
3	47,15±0,94	0,37±0,01	54,44±1,09
4	41,08±0,82	0,31±0,01	50,35±1,01
5	37,34±0,75	0,25±0,01	45,68±0,91
6	46,08±0,92	0,49±0,01	54,10±1,08
7	46,54±0,93	0,52±0,01	54,68±1,09
8	47,58±0,95	0,54±0,01	56,23±1,12
9	48,58±0,97	0,63±0,01	56,53±1,13
10	49,21±0,98	0,73±0,01	57,01±1,14

ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფში ლიკოპენის შემცველობა მერყეობს 37,34–49,21 მგ/100გ, β კაროტინი 0,25 – 0,73 მგ/100გ, საერთო კაროტინოიდები 45,68–57,01 მგ/100გ ნედლ მასაზე. აღნიშნული ნაერთები დაბალი შემცველობით დაფიქსირდა ურეხის ტერიტორიაზე აღებულ ნიმუშში ლიკოპენი 37,34 მგ/100გ, β კაროტინი 0,25მგ/100გ, კაროტინოიდები 45,68მგ/100გ ნედლ მასაზე, ხოლო მაღალი შემცველობით გამოირჩეოდა ხულოს ნიმუში ლიკოპენი 49,21მგ/100გ, β კაროტინი 0,73 მგ/100გ, კაროტინოიდები 57,01 მგ/100გ ნედლ მასაზე (ცხრილი №7).

3. დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული ფშატის (*Elaeagnus umbellata* Thunb.)

ნაყოფიდან ლიკოპენის ულტრაბგერითი ექსტრაქციის მეთოდის ოპტიმიზაცია

მწვანე ექსტრაგენტის გამოყენებით.

მცენარეული ნედლეულიდან გამოყოფილი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობა და ხარისხობრივი მახასიათებლები მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ექსტრაქციის მეთოდსა და პირობებზე. არსებობს კაროტინოიდების ექსტრაქციის რამდენიმე მეთოდი [10].

ნედლეულიდან ლიკოპენის მიღება ხდება ჩვეულებრივი ექსტრაქციით - დიდი რაოდენობით სხვადასხვა ორგნული გამხსნელის გამოყენებით ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში. მაღალი ტემპერატურა (80 °C–ზე მეტი), სინათლე, ჟანგბადი და გამოყოფის ხანგრძლივი პერიოდი ამცირებს მის გამოსავლიანობას [17,81].

აქედან, გამომდინარე აქტუალურია „მწვანე“ ექსტრაქციის მეთოდი. რომელიც გამოირჩევა ეკოლოგიურობით, მაღალი გამოსავლიანობითა და ეკონომიურობით [5]. ის შეიძლება გამოყენებული იქნას ულტრაბგერითი, მიკროტალღური ან მაღალი ჰიდროსტატიკური წნევის დახმარებით ექსტრაქციისას [22, 52-54].

ბოლო პერიოდის სამეცნიერო კვლევების თანახმად, ლიკოპენის ექსტრაქციისათვის ინტენსიურად გამოიყენება ულტრაბგერითი ექსტრაქცია, როგორც მოწინავე ტექნოლოგია [52]. ულტრაბგერა, რომელიც ვრცელდება თხევად გარემოში ანუ

გამხსნელში, წარმოქმნის კავიტაციურ ბუშტუკებს, რომელთა რიცხვი გზადაგზა მატულობს და ბოლოს სკდება. წარმოქმნილი კავიტაციური ეფექტი, უზრუნველყოფს მცირე დროში, მაქსიმალური რაოდენობით უჯრედშიდა მასის (ნაერთების) გადასვლას სითხეში [54]. ლიკოპენის ულტრაბგერითი ექსტრაქციისათვის ხშირად გამხსნელად გამოიყენება ჰექსანი, როგორც ლიკოპენის კარგი გამხსნელი, მაგრამ მისი ალტერნატიული წყარო შეიძლება იყოს მცენარეული ზეთი „მწვანე“ ექსტრაგენტი, რომელიც გამოირჩევა უპირატესობებით ჰექსანთან მიმართებაში [28,30]. ის წარმოადგენს ეკოლოგიურად სუფთა გამხსნელს, რაც უზრუნველყოფს არადენატურირებული და ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტის მიღებას და ექსტრაქციისათვის საჭიროებს ნაკლებ ენერჯიას. ასევე, ქმნის ერთგვარ ბარიერს ჟანგბადთან მიმართებაში, რაც შესაბამისად აფერხებს ლიკოპენის დაჟანგვის პროცესს [53,81].

ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა დასავლეთ საქართველოს ზღვის სანაპირო ზოლსა (ზღვის დონიდან 0-200 მ) და მაღალმთიან რეგიონში (ზღვის დონიდან 200 მ და ზემოთ) აღებულ ფშატის ნაყოფიდან ლიკოპენის ექსტრაქცია ორგანული გამხსნელისა და „მწვანე“ ექსტრაგენტის - მცენარეული ზეთის გამოყენებით და მისი რაოდენობრივი ანალიზი. ექსტრაქციის მეთოდებისა და პირობების ოპტიმიზაცია და ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთის ხირისხობრივი მახასიათებლების განსაზღვრა. შესაძარებლად ვიყენებით ფშატის ნაყოფის ჩვეულებრივი ექსტრაქციას ჰექსანი:აცეტონი:მეთანოლის (2:1:1) ნარევის გამოყენებით და ექსტრაქტში ვსაზღვრავდით ლიკოპენის რაოდენობრივი შემცველობას.

კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილში №8. დაბლობის ნიმუშებში ლიკოპენის შემცველობა მერყეობს 35,25 – 37,58 მგ/100გ ფარგლებში, ხოლო მაღალმთიანი რეგიონის ნიმუშებში 46,08 – 60,21 მგ/100გ ფარგლებში.

ფშატის ნაყოფიდან ჰექსანი:აცეტონი:მეთანოლის ნარევით ექსტრაქციისას ლიკოპენის გამოსავალი მგ/100გ

ცხრილი 8.

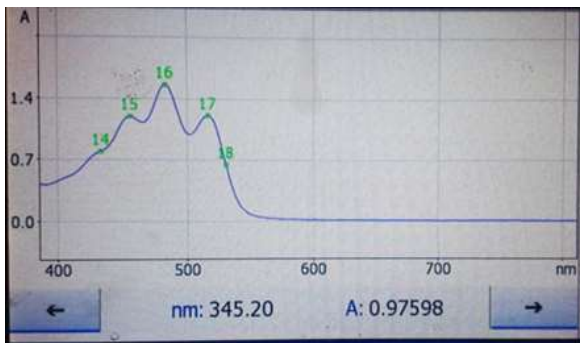
სიმაღლე ზღვის დონიდან	ადგილმდებარეობის დასახელება	ლიკოპენის გამოსავალი მგ/100გ ჰექსანი:აცეტონი:მეთანოლის ნარევით ექსტრაქციის პირობებში
0-200 მ - მდე	ქობულეთი	35,25±0,87
	ხელვაჩაური	33,15±0,94
	აჭარისწყალი	37,58±0,95
200 მ -დან ზევით	ქედა	46.08±0,88
	შუახევი	49,58±0,97
	ხულო	60,21±0,98

მეორე შემთხვევაში ლიკოპენის ექსტრაქცია განვახორციელეთ ულტრაბგერითი ექსტრაქციით „მწვანე“ ექსტრაგენტის გამოყენებით. ექსტრაქციის დროს დავადგინეთ ტემპერატურისა და დროის ოპტიმალური მნიშვნელობები, ასევე მყარი მასისა და გამხსნელის ოპტიმალური თანაფარდობა.

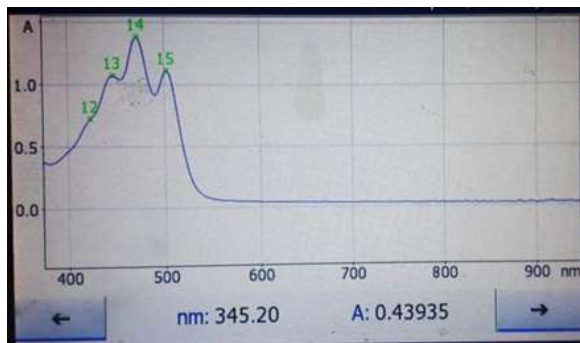
ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფის დაქუცმაცებული ნიმუში ავიღეთ სხვადასხვა რაოდენობით 100მლ გამხსნელისათვის (1:100, 2:100 და 3:100) და ექსტრაქციას ვახდენდით 5, 10 და 15 წუთის ინტერვალით. ტემპერატურა, ულტრაბგერითი სიმძლავრე და ამპლიტუდის დონე მერყეობდა 20-დან 50 °C-მდე, 60-120 W და 20 და 60% დიაპაზონში. ლიკოპენის შემცველობა ნიმუშებში განვსაზღვრეთ სპექტროფოტომეტრული მეთოდით. ნედლეულის მასის გაზრდისას 30%-ით შემცირდა ლიკოპენის გამოსავალი (34,53 მგ/100გ). ექსტრაქციის მაქსიმალური გამოსავალი იყო, მყარი მასისა და გამხსნელის 1:50-თან თანაფარდობის შემთხვევაში. პროცესი ეფექტურად მიმდინარეობდა იმპულსურ რეჟიმში, უწყვეტ რეჟიმთან შედარებით, ლიკოპენის ექსტრაგირებისათვის ოპტიმალურ ტემპერატურად განისაზღვრა 30° C და ულტრაბგერითი სიმძლავრე 85 ვტ.

ორგანულ ექსტრაქტსა და „მწვანე“ ექსტრაქტში ლიკოპენის იდენტიფიკაციისათვის მოვახდინეთ ნიმუშის სკანირება ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სპექტროსკოპიით (სურათი 53–56).

ორივე შემთხვევაში მიღებული სპექტრალური მონაცემები ემთხვეოდა ლიკოპენის ლიტერტურულ მონაცემებს. ლიკოპენისთვის დამახასიათებელი შთანთქმის მაქსიმუმია 472 ნმ.



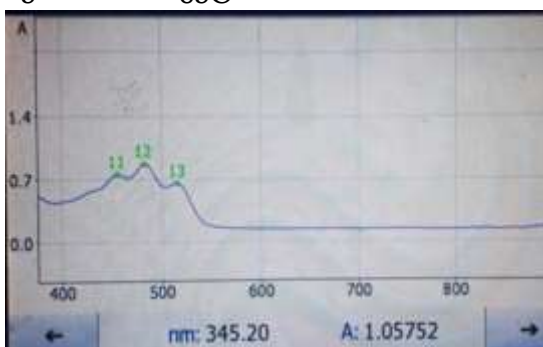
სურათი 53



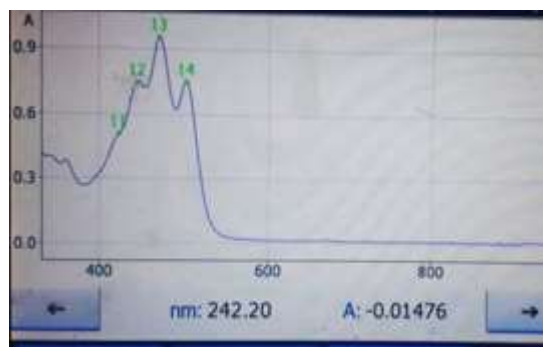
სურათი 54

სურათი 53. ზღვის სანაპირო ზოლში (ზღვის დონიდან 0-200 მ) აღებული ფშატის ნაყოფიდან ჰექსანი:აცეტონი:მეთანოლი ნარევით (2:1:1) ექსტრაგირებული ლიკოპენის შთანთქმის UV სპექტრი;

სურათი 54. მაღალმთიან რეგიონში (ზღვის დონიდან 200 მ და ზემოთ) აღებული ფშატის ნაყოფიდან ჰექსანი:აცეტონი:მეთანოლი ნარევით (2:1:1) ექსტრაგირებული ლიკოპენის შთანთქმის UV სპექტრი;



სურათი 55

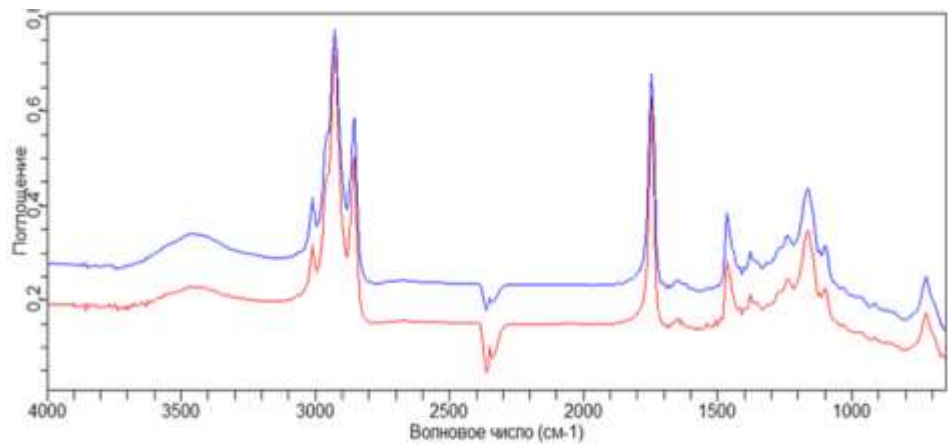


სურათი 56

სურათი 55. ზღვის სანაპირო ზოლში (ზღვის დონიდან 0-200 მ) აღებული ფშატის ნაყოფიდან „მწვანე“ ექსტრაქტში ლიკოპენის შთანთქმის UV სპექტრი;

სურათი 56. მაღალმთიან რეგიონში (ზღვის დონიდან 200 მ და ზემოთ) აღებული ფშატის ნაყოფიდან „მწვანე“ ექსტრაქტში ლიკოპენის შთანთქმის UV სპექტრი;

ინფრაწითელ სპექტრში 1468 cm^{-1} , 2920 cm^{-1} და 2950 cm^{-1} პიკი დაკავშირებული იყო CH_2 და C-H ჯგუფის რხევასთან, რაც ლიკოპენის სტრუქტურისთვის არის დამახასიათებელი (სურათი 57) [81].



სურათი 57. ფშატის ნაყოფის „მწვანე“ ექსტრაქტში ლიკოპენის ინფრაწითელი სპექტრი (ნიმუში №1 – აჭარისწყლის ნაყოფები და ნიმუში №2 ხულოს ნაყოფები)

ფშატის ნაყოფის „მწვანე“ ექსტრაქტში ლიკოპენის პროცენტული გამოსავალი

ცხრილი 9.

ნიმუში - ფშატის ნაყოფი	ლიკოპენის გამოსავალი მგ/100გ		ლიკოპენის გამოსავალი „მწვანე“ ექსტრაქტში %
	ჰექსანი:აცეტონი:მეთანოლის ნარევით ექსტრაქციით	„მწვანე“ ექსტრაქციით	
0-200 მ - მდე, აჭარისწყლის ნიმუში	37,58	32,23	85,76
200 მ-დან ზევით, ხულოს ნიმუში	60,21	52,0	86,36

„მწვანე“ ექსტრაგენტით ულტრაბგერითი ექსტრაქციის ოპტიმალურ პირობებში ექსტრაქციისას ლიკოპენის გამოსავალია საერთო შემცველობის 85% (ცხრილი 9).

ლიკოპენშემცველი ზეთის თითოეულ ნიმუშში განისაზღვრა შემდეგი მახასიათებლები: მჟავური რიცხვი, ზეჟანგური რიცხვი, ნ-ანიზიდინის მაჩვენებელი და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა. ეს მახასიათებლები ასევე განსაზღვრულ იქნა ზეთის შენახვის პერიოდში (1 – 3 თვე) (დიაგრამა 3–6).

საკონტროლო ზეთის ნიმუშსა და ლიკოპენით გამდიდრებულ ზეთის ნიმუშში მჟავური რიცხვის მაჩვენებელი თითქმის ერთნაირია: 0,06 – 0,061 მგ KOH/გ ცხიმი. ზეჟანგური რიცხვის მაჩვენებელი ზეთში 1,20 მილიექვივალენტი/კგ, ხოლო ფშატის ლიკოპენით გამდიდრებულ ზეთში 1,25 (ნიმუში №1) და 1,21 (ნიმუში №2) მილიექვივალენტი/კგ- ია.

ნ-ანიზიდინის მაჩვენებელი: საკონტროლო ნიმუში - 3,5, ზეთი გამდიდრებული ფშატის ლიკოპენით - 3,7(ნიმუში №1) და 3,6 (ნიმუში №2) (ცხრილი 10).

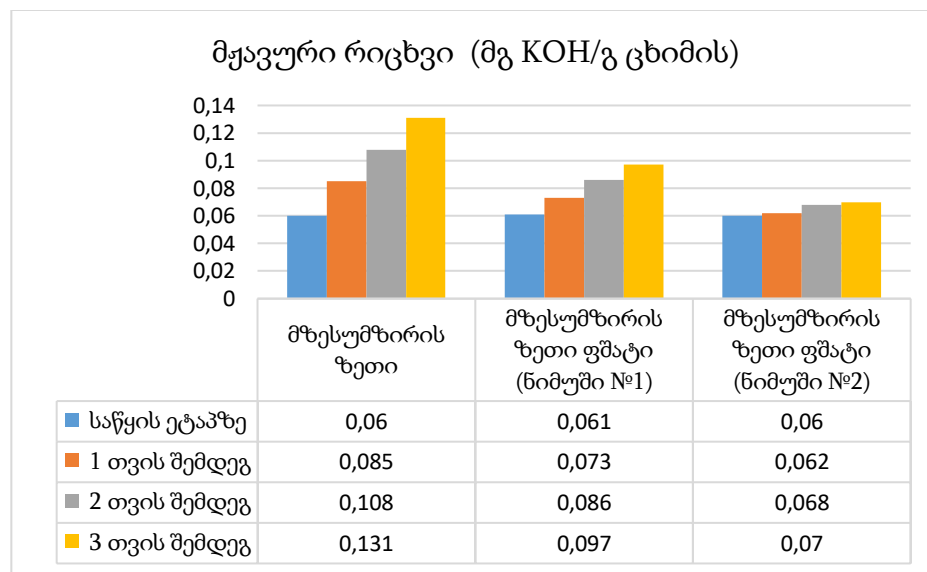
ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრისას ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთის ნიმუშები ხასიათდებოდა მაღალი აქტივობით, კერძოდ 2-ჯერ მეტია ზეთის საკონტროლო ნიმუშთან შედარებით. ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთის შემთხვევაში 0,42 (ნიმუში №1) და 0,38მგ (ნიმუში №2) ზეთი იყო საკმარისი 0.1 H DPPH -ის 50%-ანი ინჰიბირებისათვის, მაშინ, როცა საკონტროლო ზეთის 0,85 მგ ახორციელებს რადიკალის 50% ინჰიბირებას (ცხრილი 10) [28,46].

საკონტროლო ზეთისა და ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები

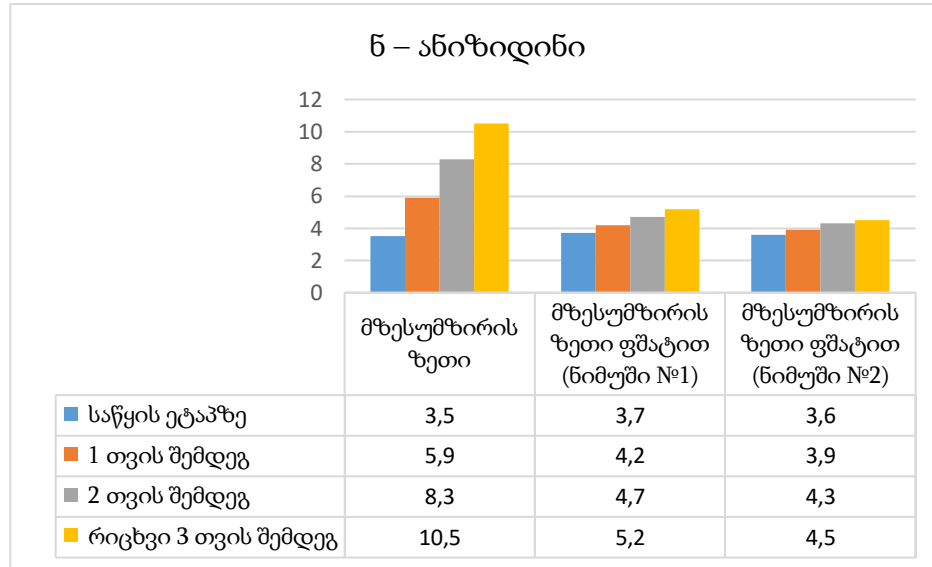
ცხრილი 10.

ხარისხობრივი მახასიათებლები	ზეთის საკონტროლო ნიმუში და ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთი		
	ზეთის საკონტროლო ნიმუში	ზეთი გამდიდრებული ფშატის (ნიმუში №1) ლიკოპენით	ზეთი გამდიდრებული ფშატის (ნიმუში №2) ლიკოპენით
მჟავური რიცხვი (მგ KOH/გ ცხიმის)	0,060	0,061	0,060
ზეჟანგური რიცხვი (მილიექვივალენტი/კგ)	1,20	1,25	1,21
ნ- ანიზიდინი	3,5	3,7	3,6
ანტიოქსიდანტური აქტივობა, მგ ნიმუშის რაოდენობა 0.1H DPPH 50 % ინჰიბირებისათვის	0,85	0,42	0,38

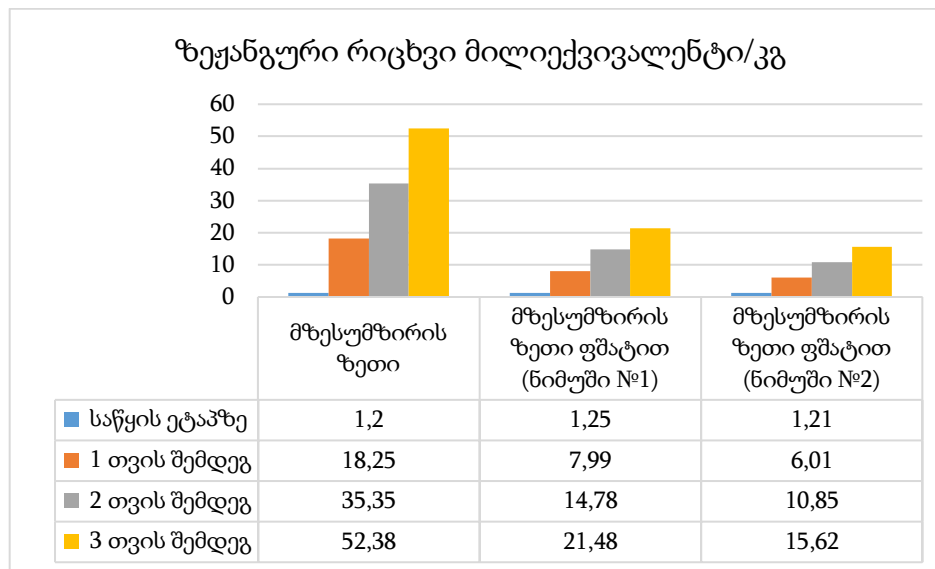
ლიკოპენით გამდიდრებულ ზეთში ხარისხობრივი მაჩვენებლები განსაზღვრულ იქნა შენახვის 3 თვის განმავლობაში, მახასიათებლების ყოველთვიური კონტროლით. საკონტროლო ნიმუშში მჟავური რიცხვის მაჩვენებელი 1-დან 3-თვის განმავლობაში იცვლება 0,06 – 0,131 ერთეულის ფარგლებში, ლიკოპენით გამდიდრებულ ზეთში კი ცვლილება ნაკლებია, მჟავური რიცხვი: ნიმუში №1-ის და ნიმუში №2 -ის შემთხვევაში განისაზღვრა 0,061-0,097 და 0,06-0,07 მგ KOH/გ ცხიმის რაოდენობით (დიაგრამა 3). იცვლება ნ-ანიზიდინის მნიშვნელობაც (დიაგრამა 4).



დიაგრამა 3. შენახვის პერიოდში საკონტროლო ზეთისა და ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთის მჟავური რიცხვი (მგ KOH/გ ცხიმის).

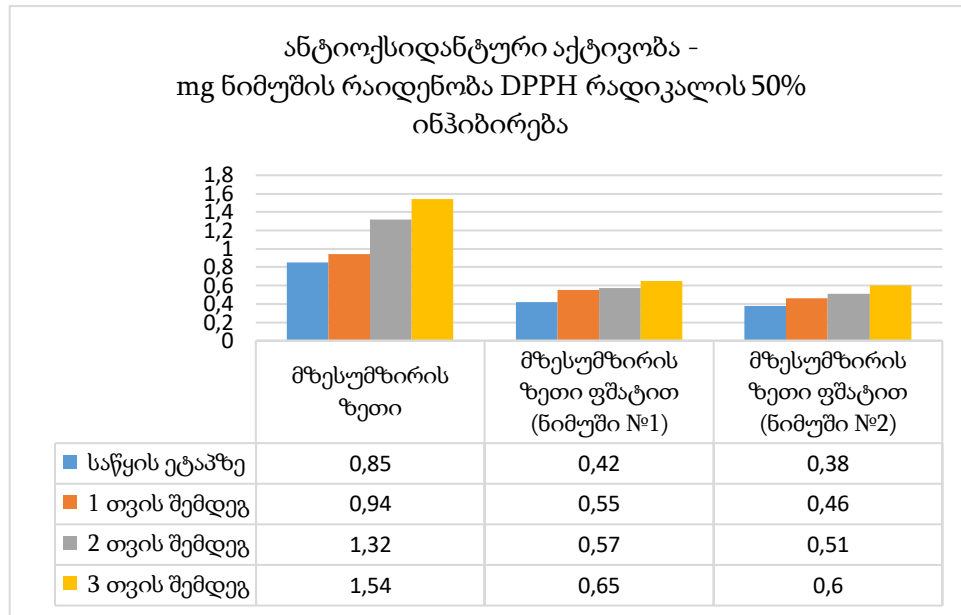


დიაგრამა 4. შენახვის პერიოდში საკონტროლო ზეთისა და ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთის ნ – ანიზიდინის რიცხვი.



დიაგრამა 5. შენახვის პერიოდში საკონტროლო ზეთისა და ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთის ზეჟანგური რიცხვი (მილიექვივალენტი/კგ).

საკონტროლო ზეთის ნიმუშში ზეჟანგური რიცხვის მაჩვენებელი მნიშვნელოვნად უარესდება შენახვის პერიოდის პარალელურად (52,38 მილიექვივალენტი/კგ), ლიკოპენით გამდიდრებულ ზეთში მაჩვენებელი თითქმის 2 ჯერ ნაკლებია (15,82-21,48 მილიექვივალენტი/კგ) (დიაგრამა 5).



დიაგრამა 6. შენახვის პერიოდში საკონტროლო ზეთისა და ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა.

ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრამ DPPH რადიკალების ინჰიბირებით, მნიშვნელოვანი განსხვავება აჩვენა საკონტროლო და ლიკოპენით გამდიდრებულ ზეთის ნიმუშებს შორის. ლიკოპენით გამდიდრებულ ზეთში ანტიოქსიდანტური აქტივობის მაჩვენებელი შედარებით სტაბილურია 3 თვის განმავლობაში შენახვისას. საკონტროლო ზეთში შენახვის პერიოდის დასასრულს აქტიურობა თითქმის 2-ჯერ მცირდება (დიაგრამა 6).

ულტრაბგერითი ექსტრაქციის მეთოდით ფშატის ნაყოფიდან ლიკოპენის „მწვანე“ ექსტრაგენტით ექსტრაქციის ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევით, წარმატებით განხორციელდა ლიკოპენის გამოწვლილვა. ფშატის ნაყოფიდან ლიკოპენის გამოწვლილვისათვის შერჩეულ იქნა ულტრაბგერითი ექსტრაქცია და გამხსნელად გამოყენებულ იქნა „მწვანე“ ექსტრაგენტი - მზესუმზირის ზეთი. ულტრაბგერითი ექსტრაქციის ოპტიმალურ პირობად განსაზღვრულ იქნა მყარი მასისა და გამხსნელის 1:50 თან თანაფარდობა, ტემპერატურა 30 C, აპლიტუდა 40% და ძაბვა 85 ვოლტი. ექსტრაქცია უნდა წარიმართოს იმპულსურ რეჟიმში, ექსტრაქციის ხანგრძლივობა 10 წთ.

თეორიულ გამოსავალთან შედარებით ფშატის ნაყოფიდან ლიკოპენის გამოსავალი მცენარეულ ზეთში შეადგენდა დახლოებით 85%. მიღებულ პროდუქტში

ლიკოპენის იდენტიფიკაციისა და რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა ინფრაწითელი სპექტროსკოპია და სპექტროსკოპია ულტრასფერ და ხილულ არეში. ლიკოპენით გამდიდრებული პროდუქტის ხარისხობრივი მაჩვენებლების შედარებისათვის, საწყისა და შენახვის შემდეგ ეტაპზე, განსაზღვრულ იქნა: მჟავური რიცხვი (მგ KOH/გ ცხიმის), ზეჟანგური რიცხვი მილიექვივალენტი/კგ, ნ-ანიზიდინი და ანტიოქსიდანტური აქტივობა. მიღებული შედეგების შეჯერებით, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ზეთის ლიკოპენით გამდიდრება დადებით გავლენას ახდენს ზეთის ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე, კერძოდ: შენახვის პერიოდში მჟავური რიცხვის ცვალებადობის მრუდი სწორხაზოვანია. ასევე დასტურდება, რომ ლიკოპენით გამდიდრებულ მზესუმზირის ზეთში ჟანგვითი პროცესები მიმდინარეობს შედარებით ნელა ვიდრე საკონტროლო ნიმუშში. ნ-ანიზიდინის მაჩვენებელი, რომელიც საწყის ეტაპზე სამივე ნიმუშში განისაზღვრა 3,5-3,7 ერთეულით, შენახვიდან 3 თვის შემდეგ ლიკოპენით გამდიდრებულ ზეთში ნ-ანიზიდინის მაჩვენებელი 2-ჯერ ნაკლები იყო (4,5-5,2) საკონტროლო ნიმუშთან (10,5) შედარებით. ანტიოქსიდანტური აქტივობის რიცხვითი მაჩვენებელი ლიკოპენით გამდიდრებული ზეთის ნიმუშები თითქმის 2-ჯერ ნაკლებია ზეთის საკონტროლო ნიმუშთან შედარებით.

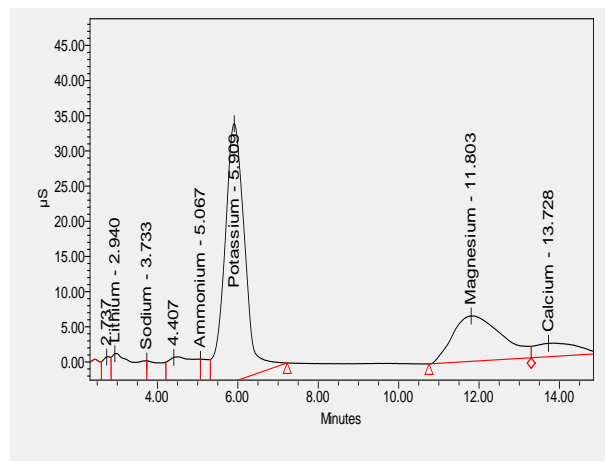
ფშატის ნაყოფიდან ლიკოპენის „მწვანე“ ექსტრაგენტი ულტრაბგერითი ექსტრაქცია და მისი შემდგომი მრავალმხრივი გამოყენება ეფექტური, ეკოლოგიური და დამზოგი მიდგომაა ბუნებრივი რესურსების მიმართ.

4. ფშატის (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) ნაყოფსა და ფოთოლში კატიონების ქრომატოგრაფიული ანალიზი კონდუქტომეტრული დეტექტორის გამოყენებით

მინერალები შეუცვლელი ნივთიერებებია სიცოცხლისთვის. ისინი შედიან ზოგიერთი ჰორმონების, ფერმენტების, ვიტამინების და სხვა ბიოაქტიურ მოლეკულებში, რომლებიც მონაწილეობენ მნიშვნელოვან სასიცოცხლო პროცესებში. მინერალური ნივთიერებები არ გამომუშავდება ცოცხალი ორგანიზმის მიერ და ამიტომ ის რეგულარულად გათვალისწინებული უნდა იყოს კვების რაციონში [108,110].

ლიტერატურულ წყაროებში ისეთი კატიონების, როგორცაა თუთია, მანგანუმი, კალიუმი, ფოსფორი, რკინა, მაგნიუმი და კალციუმის შემცველობა განისაზღვრება დაყოფის სველი, ატომურ-აბსორციული სპექტროფოტომეტრისა და ალის ფოტომეტრის მეთოდების გამოყენებით. კვლევების შედეგად ფშატის ნაყოფში დადგენილია მინერალების შემდეგი შემცველობა: 3.7 მკგ/გ თუთია Zn, 5.3 მკგ/გ მანგანუმი Mn, 53.1 მკგ/გ რკინა Fe, 91.3 მკგ/გ კალიუმი Ca, 162.4 მკგ/გ მაგნიუმი Mg, 183.3 მკგ/გ ფოსფორი P და 232.1 მკგ/გ კალიუმი K [88].

ქრომატოგრაფირების მეთოდის გამოყენებით ჩვენ მიერ განსაზღვრული იქნა საქართველოს სხვადასხვა ტერიტორიიდან (ზღვის დონიდან განსხვავებულ სიმაღლეზე) აღებული ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფებში კატიონების შემცველობა.



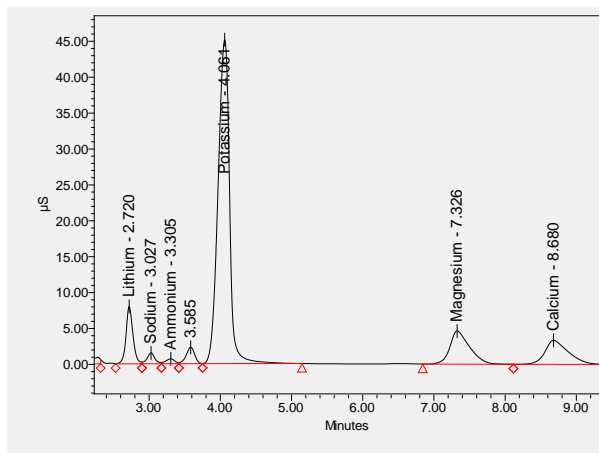
სურათი 58. ფშატის ნაყოფის კატიონების ქრომატოგრამა

ფშატის ნაყოფში კატონების ქრომატოგრაფიული ანალიზი

ცხრილი №11

ნომერი №	Li ⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Mg ²⁺ ppm	Ca ²⁺ ppm
1	12,46±0,25	40,24±0,80	185,22±3,70	43,21±0,86	75,95±1,52
2	48,92±0,98	17,88±0,36	295,37±5,91	69,16±1,38	109,72±2,19
3	45,64±0,91	18,58±0,37	333,30±6,67	76,18±1,52	112,46±2,25
4	38,91±0,78	19,06±0,38	220,98±4,42	52,41±1,05	95,7±1,91
5	41,46±0,83	19,54±0,39	331,87±6,64	60,31±1,21	101.35±2,03
6	53,07±1,06	40,12±0,80	351,94±7,04	70,59±1,41	103,94±2,08
7	17,08±0,34	13,72±0,27	187,59±3,75	34,17±0,68	109,06±2,18
8	19,3±0,39	30,04±0,60	206,68±4,13	38,12±0,76	78,14±1,56
9	30,38±0,61	19,76±0,40	216,72±4,33	43,97±0,88	120,08±2,40
10	41,82±0,84	22,5±0,45	359,64±7,19	80,72±1,61	80,49±1,61

ქრომატოგრაფირების მეთოდის გამოყენებით ჩატარებული კვლევის საფუძველზე *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფებში დაფიქსირდა შემდეგი კატონები: ლითიუმი 17,08-48,92ppm, ნატრიუმი 13,72-40,24ppm, კალიუმი 185,22-359,64ppm, მაგნიუმი 34,17-80,72ppm და კალციუმი 75,95-120,08ppm. მათ შორის დომინანტს წარმოადგენდა კალიუმი 185,22-359,64ppm, ხოლო ყველაზე მცირე რაოდენობით დაფიქსირდა ამონიუმი 6,98-29,74ppm (ცხრილი №11, სურათი 58).



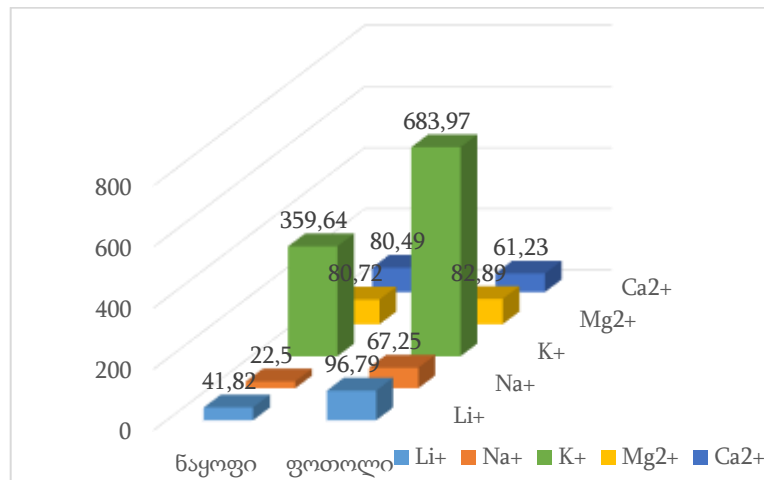
სურათი 59. ფშატის ფოთლის კატონების ქრომატოგრამა

ფშატის ფოთოლში კატონების ქრომატოგრაფიული ანალიზი

ცხრილი №12

ნიმუში №	Li ⁺ ppm	Na ⁺ ppm	K ⁺ ppm	Mg ²⁺ ppm	Ca ²⁺ Ppm
1	91,875±1,84	61,28±1,23	459,37±9,19	29,01±0,58	14,33±0,29
2	80,595±1,61	56,99±1,14	402,97±8,06	27,16±0,54	12,94±0,26
3	88,125±1,76	75,67±1,51	440,62±8,81	123,45±2,47	62,38±1,25
4	84,63±1,69	61,75±1,24	423,15±8,46	16,36±0,33	9,39±0,19
5	71,19±1,42	62,04±1,24	355,95±7,12	71,45±1,43	53,44±1,07
6	86,49±1,73	68,87±1,38	432,45±8,65	71,12±1,42	53,87±1,08
7	65,98±1,32	63,01±1,26	329,92±6,60	112,77±2,3	40,86±0,82
8	75,06±1,50	64,53±1,29	375,35±7,51	73,24±1,46	21,56±0,43
9	76,84±1,54	59,89±1,20	484,22±7,68	54,52±1,09	42,34±0,85
10	96,79±1,94	67,25±1,35	683,97±9,68	82,89±1,66	61,23±1,22

ფშატის ფოთლების კვლევისას დაფიქსირდა შემდეგი კატონები: ლითიუმი 65,985-96,79ppm, ნატრიუმი 56,99-75,67ppm, კალიუმი 329,92-683,97ppm, მაგნიუმი 16,36-123,45ppm და კალციუმი 9,39-61,23ppm. მათ შორის დომინანტს წარმოადგენდა კალიუმი 329,92-683,97ppm, ხოლო ყველაზე მცირე რაოდენობით დაფიქსირდა კალციუმი 9,39-61,23ppm (ცხრილი №12, სურათი 59).

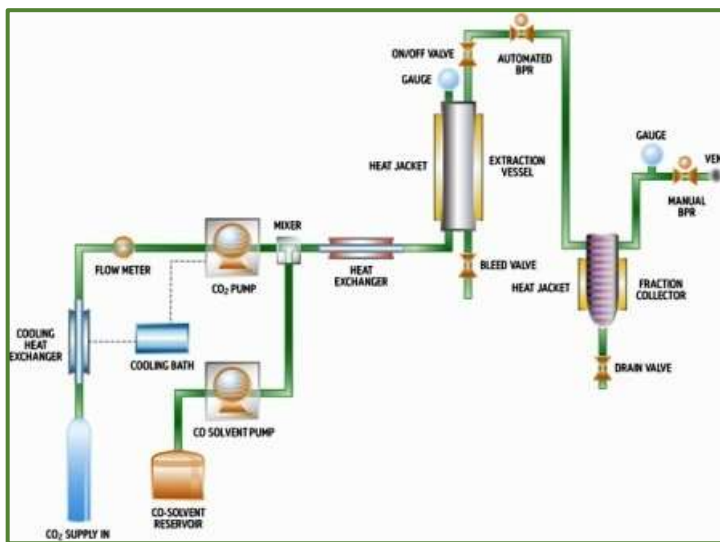


დიაგრამა 7. ფშატის ნაყოფსა და ფოთოლში მინერალური ნივთიერებების რაოდენობრივი თანაფარდობა (ppm ნედლ მასაზე)

როგორც დიაგრამიდან ჩანს ფოთოლთან შედარებით ნაყოფში ნაკლებია კატიონების შემცველობა. ეს განპირობებულია იმით, რომ ნაყოფში მეტია სხვა ნივთიერებები, წყალი, ნახშირწყლები და ა.შ. (დიაგრამა 7).

5. ფშატის (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) თესლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები
5.1. სუპერ კრიტიკული წნევის ფლუიდური ექსტრაქციის (SFE) მეთოდით მიღებული
ფშატის თესლის ექსტრაქტის თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი

სუპერ კრიტიკული წნევის ფლუიდური ექსტრაქციის მეთოდის (Waters-ის ფლუიდური ექსტრაქტორი მოდელები SFE -100-2-C10 და SFE -500-2- C10) (სურათი 60) გამოყენებით მოვახდინეთ ფშატის თესლიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების მიღება [102]. კერძოდ, დადგენილი იქნა ფშატის თესლიდან ზეთის, კაროტინოიდებისა და ფენოლური ნაერთებით მდიდარი ფრაქციების მიღების ოპტიმალური პირობები. საექსტრაქციოდ აღებულ იქნა ფშატის გამშრალი, 0,25მმ ზომის ნაწილაკებად დაქუცმაცებული თესლი (სურათი 61).



სურათი 60. SFE 500 ხელსაწყოს სქემა



სურათი 61. ფშატის თესლი საწყისი და დაქუცმაცებული

ფშატის თესლის სუპერ ფლუიდური ექსტრაქციის პირველ ეტაპზე განვახორციელეთ ფშატის თესლიდან ცხიმოვანი ნივთიერებების მიღება (ფრაქცია 1). ექსტრაქციის ოპტიმალურ პირობად განისაზღვრა: წნევა - 300 ბარი, ტემპერატურა - 50°C, ნახშირორჟანგის მიწოდების სიჩქარე 30გ/წთ-ში, ექსტრაქციის ხანგრძლივობა 120 წუთი. ფშატის თესლიდან მიღებული ცხიმის გამოსავალი იყო 8% (ცხრილი 13, სურათი 62).

სუპერ ფლუიდური ექსტრაქტორით მიღებული ფრაქციები

ცხრილი N 13

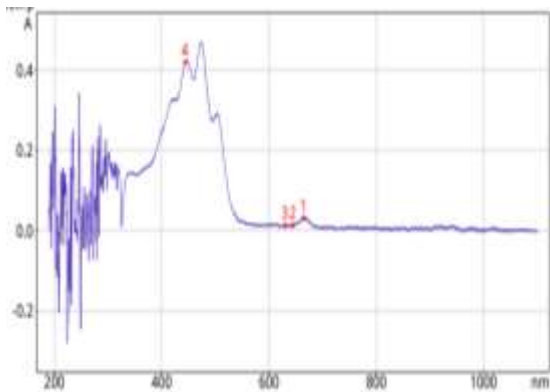
N	ფრაქციების დახასიათება
1	120 წუთი 300 ბარი 50°C-ზე ნახშირორჟანგი 30გ/წთ-ში სიჩქარით; (ცხიმის მიღება)
2	60 წუთი 350 ბარი 50°C-ზე ნახშირორჟანგი 30გ/წთ-ში სიჩქარით;
3	60 წუთი 500 ბარი 50°C-ზე ნახშირორჟანგი 30გ/წთ-ში სიჩქარით;
4	40 წუთი 300 ბარი 60°C-ზე ნახშირორჟანგი 30გ/წთ-ში სიჩქარით; 10% ეთანოლი
5	60 წუთი 300 ბარი 60°C-ზე ნახშირორჟანგი 30გ/წთ-ში სიჩქარით; 20% ეთანოლი
6	60 წუთი 300 ბარი 60°C-ზე ნახშირორჟანგი 30გ/წთ-ში სიჩქარით; 70% ეთანოლი
7	90 წუთი 300 ბარი 60°C-ზე; 6გ/წთ-ში 96% ეთანოლი
8	80 წუთი 300 ბარი 80°C-ზე; 6გ/წთ-ში 96% ეთანოლი;
9	500 ბარი 80°C-ზე ნახშირორჟანგი 30გ/წთ-ში სიჩქარით; ჩამორეცხილი ფრაქცია
10	40 წუთი 300 ბარი 100°C-ზე; 6გ/წთ-ში 96% ეთანოლი;
11	20 წუთი 300 ბარი 100°C-ზე; 6გ/წთ-ში 96% ეთანოლი; + ნახშირორჟანგი 30გ/წთ-ში სიჩქარით;
12	30 წუთი 300 ბარი 110°C-ზე; 6გ/წთ-ში 96% ეთანოლი;



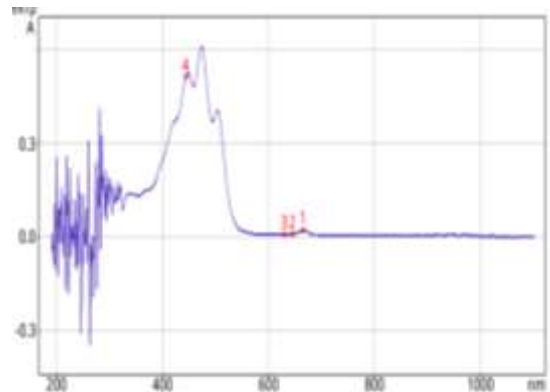
სურათი 62. ფშატის თესლის SFE ექსტრაქციის ფრაქციები

მეორე ეტაპზე განხორციელდა ლიპოფილური ნაერთების - კაროტინოიდების ექსტრაქცია (ფრაქცია 2 და 3), სადაც ექსტრაქციის ოპტიმალურ პირობად განისაზღვრა; ექსტრაქციის ხანგრძლივობა 120 წუთი, სამუშაო წნევა 300 ბარი და ტემპერატურა 50°C, ხოლო ნახშირორჟანგის მიწოდების სიჩქარე 30გ/წთ (ცხრილი 13).

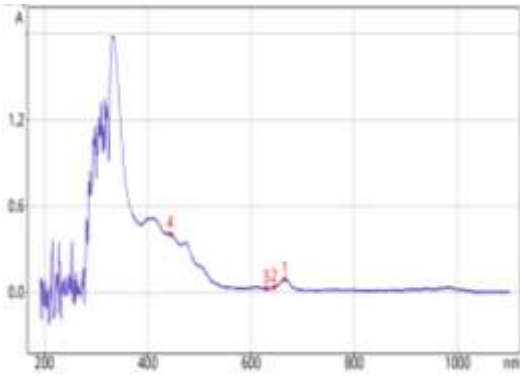
ფშატის თესლის სუპერ ფლუიდური ექსტრაქციის ყველა ეტაპზე ვაწარმოებდით ფრაქციების სპექტრალურ სკანირებას ულტრაიისფერ და ხილულ არეში (სურათი 63). თითოეულ ფრაქციაში განსაზღვრული იქნა ნაერთების რაოდენობრივი შემცველობა.



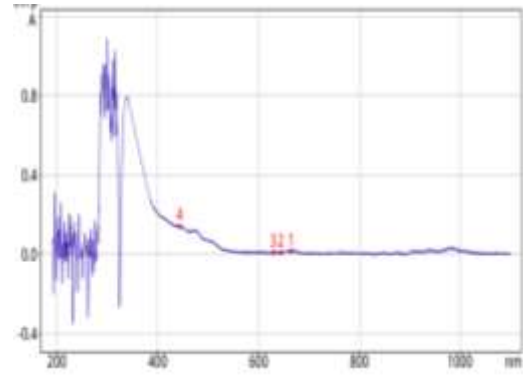
ა)



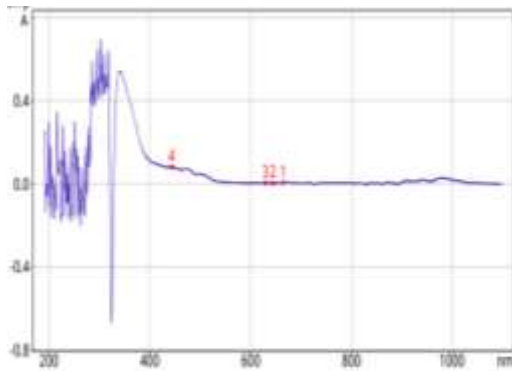
ბ)



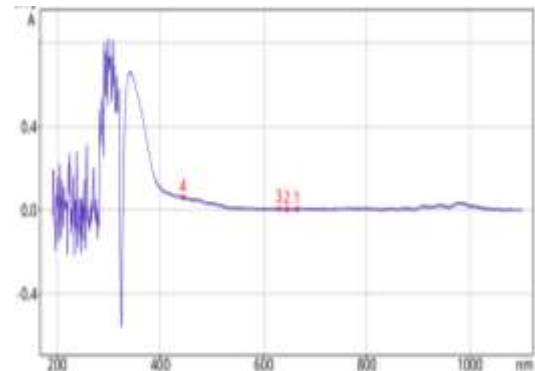
ბ)



დ)



ე)



ვ)

სურათი 63. ფმატის თესლის სუპერ ფლუიდური ექსტრაქციით მიღებული ექსტრაქტების სკანირების UV-VIS სპექტრები ულტრაიისფერ არეში: ა) ფრაქცია N2, ბ) ფრაქცია N3, გ) ფრაქცია N4, დ) ფრაქცია N5, ე) ფრაქცია N6, ვ) ფრაქცია N7

სპექტრული მეთოდით განსაზღვრული იქნა ფმატის თესლის სუპერ ფლუიდური ექსტრაქციით მიღებულ ექსტრაქტებში (2–4 ფრაქცია) კაროტინოიდების რაოდენობრივი შემცველობა.

ფმატის თესლის SFE ექსტრაქტებში კაროტინოიდების რაოდენობრივი ანალიზი

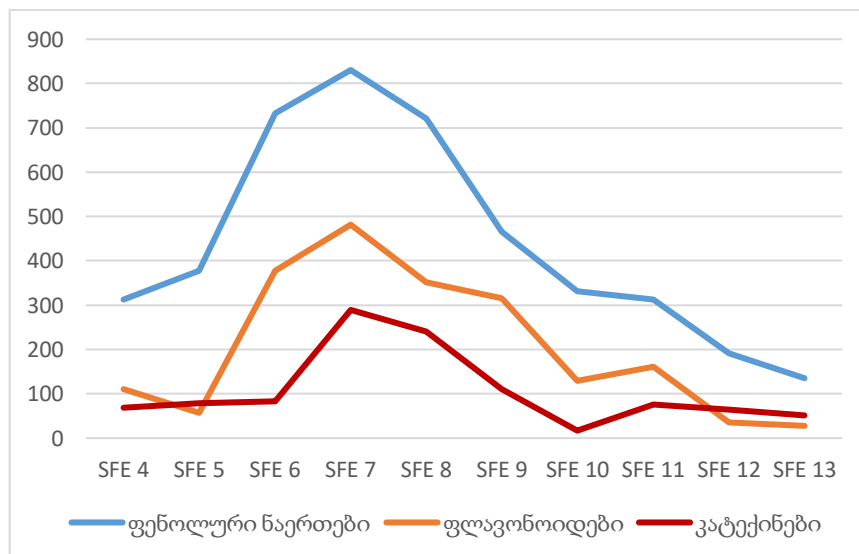
ცხრილი 14

ექსტრაქციის პირობები		
წნევა, ბარი	ტემპერატურა, °C	კაროტინოიდები მგ/მლ
350	40	0,15
350	50	0,22
350	60	0,09

კაროტინოიდების მაქსიმალური ექსტრაგირებისათვის ექსტრაქციის ოპტიმალური პირობები იყო: დრო 120 წუთი, წნევა 350 ბარი, ხოლო ტემპერატურა 50°C. კაროტინოიდების შემცველობა შეადგენდა 0,22მგ/მლ. ექსტრაქციის დაბალი 40°C და მაღალი 60°C ტემპერატურის, წნევა 250 და 350 ბარის დროს კაროტინოიდების გამოსავალი შედარებით ნაკლებია (ცხრილი 14).

ექსტრაქციის მესამე ეტაპზე განხორციელდა ფენოლური ნაერთების გამოწვლილვა (ფრაქცია 4–12), სადაც კო-სოლვენტის სახით დაემატა ეთილის სპირტი. ექსტრაქციისათვის გამოცდილ იქნა ეთილის სპირტის სხვადასხვა კონცენტრაცია (10, 20, 70 და 96%), ოპტიმალურად კი ჩაითვალა 96% ეთილის სპირტი.

მე-6 ფრაქციიდან ფენოლური ნაერთების - საერთო ფენოლების, ფლავონოიდებისა და კატექინების ექსტრაგირების მრუდი აღმავალია, მე-7 ფრაქციაში აღწევს მაქსიმუმს და მე-8 ფრაქციაში მრუდი დაღმავალია, რაც გამოიწვია ტემპერატურის პარამეტრის ზრდამ (80°C). მე-8 ფრაქციის დასრულების შემდეგ, ე.ი. 180 წთ-ის შემდეგ მაღალი წნევის პირობებში (500 ბარი) მოხდა ფენოლური ნაერთების ექსტრაქტორიდან მთლიანი გამოწვლილვა, რაც აგრეთვე ეთილის სპირტის მაქსიმალური კონცენტრაციით იქნა განპირობებული (დიაგრამა 8).

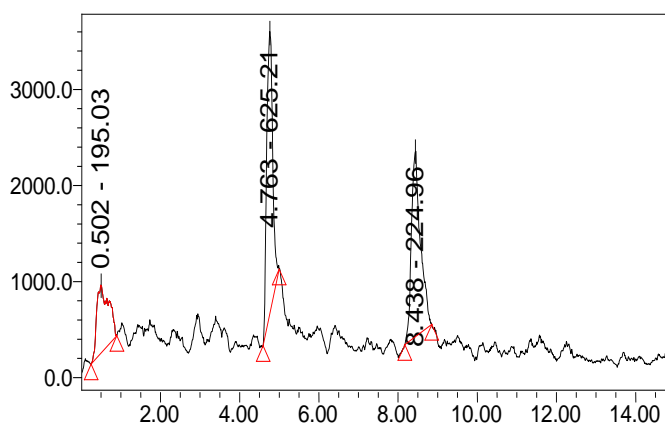


დიაგრამა 8. ფშატის თესლის SFE ექსტრაქტებში ფენოლური ნაერთების, ფლავონოიდებისა და კატექინების რაოდენობრივი შემცველობა

შედეგების შეჯერებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ფენოლური ნაერთების ექსტრაქციის ოპტიმალურ ხანგრძლივობად განისაზღვრა 150 წუთი, სამუშაო წნევა 300 ბარი და ტემპერატურა 60°C, ხოლო ნახშირორჟანგის მიწოდების სიჩქარე 30გ/წთ (ფრაქცია 6 - 7).

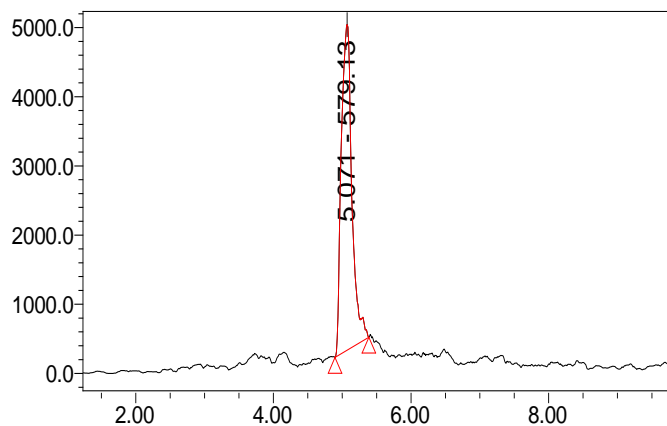
აღნიშნული ფრაქციების ფლავონოლ-გლიკოზიდების კვლევას ვაწარმოებდით LC-MS-PDA მეთოდით, რამაც საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა შემდეგი ნაერთების იდენტიფიკაცია.

ნივთიერება 27 [M-H]⁻ m/z 625,21 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 5,043 ლიტერატურით ნივთიერება 27 შეესაბამება **Quercetin-O-dihexoside** (სურათი 64).



სურათი 64. ნივთიერება 27–ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

ნივთიერება 28 [M-H]⁻ m/z 579,13 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 5,071 ლიტერატურით ნივთიერება 28 შეესაბამება **Kaempferol-O-pentosyl(hexoside)** (სურათი 65).



სურათი 65. ნივთიერება 28–ის UPLC-PDA-MS სპექტრი

გარდა ამისა ფშატის თესლის ექსტრაქტებში ასევე იდენტიფიცირებული იქნა ნაყოფისა და ფოთლის მსგავსად ნივთიერება 5 (Kaempferol-O-(coumaroyl)hexoside), ნივთიერება 11 (Kaempferol-O-dihexoside-O-rhamnoside), ნივთიერება 14 (Kaempferol-O-dihexoside), ნივთიერება 16 (Isorhamnetin-O-hexoside), ნივთიერება 19 (Isorhamnetin-O-pentosyl(hexoside)).

ცხრილი №15

იდენტიფიცირებული ნაერთები და მათი გავრცელება მცენარის სხვადასხვა ნაწილში

№	ნივთიერება	[M-H] ⁻ m/z	ნაყოფი	ფოთოლი	თესლი
1	Quercetin-O-(pentosyl) hexoside-O-rhamnoside	740,79	+		
2	Isorhamnetin-O-glucuronide derivative	759,01	+		
3	Quercetin-O-(pentosyl)hexoside	594,77	+	+	
4	Sinapic acid-O-pentosyl(hexoside) (formate adduct)	562,87	+	+	
5	Kaempferol-O-(coumaroyl)hexoside	592,85	+	+	+
6	Quercetin-O-(pentosyl)hexoside-O-hexoside	756,95	+		
7	Diosmetin-8-C-hexoside-C-hexoside	581,70	+		
8	Sinapic acid-O-hexoside	385,04	+		
9	Dihydrokaempferol-O-hexoside	448,87	+		
10	Quercetin-O-hexoside	463,32	+		
11	Kaempferol-O-dihexoside-O-rhamnoside	754,85	+		+
12	Diosmetin-O-dihexoside	622,67	+		
13	2-Methylnaconitate derivative	649,48	+		
14	Kaempferol-O-dihexoside	608,79	+		+
15	Kaempferol-O-hexoside	446,85	+	+	
16	Isorhamnetin-O-hexoside	477,10	+		+
17	bis-HHDP-O-glucose	782,50		+	
18	Saccharide	547,05		+	
19	Isorhamnetin-O-pentosyl(hexoside)	608,92		+	+
20	Quercetin-O-dihexoside	625,21			+
21	Kaempferol-O-pentosyl(hexoside)	579,13			+

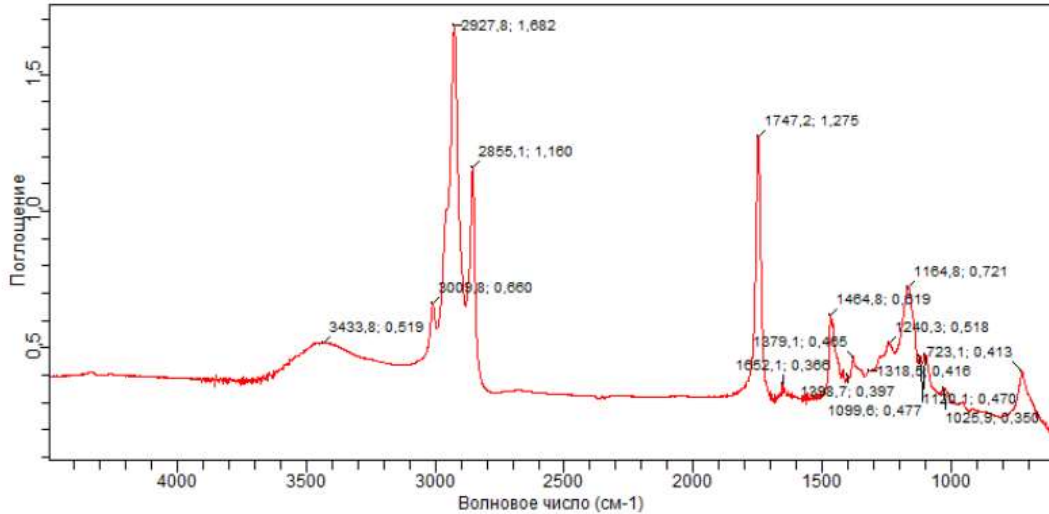
5.2. ფშატის თესლის ლიპიდური ბუნების ნაერთების კვლევა ინფრაწითელი სპექტროსკოპიისა და აირ-სითხური ქრომატოგრაფის საშუალებით

მცენარეული ზეთები წარმოადგენენ ადამიანის ყოველდღიური კვების რაციონის მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს, აგრეთვე ისინი გამოიყენება სხვადასხვა პრევენციულ, პროფილაქტიკურ და კოსმეტოლოგიურ საშუალებებში. მცენარეულ ზეთებში არსებობს მრავალფეროვანი სასარგებლო კომპონენტები, როგორცაა უჯერი ცხიმოვანი მჟავები, ცხიმში ხსნადი ვიტამინები და სხვა, რომელთა გამომუშავება შეუძლებელია ადამიანის ორგანიზმის მიერ.

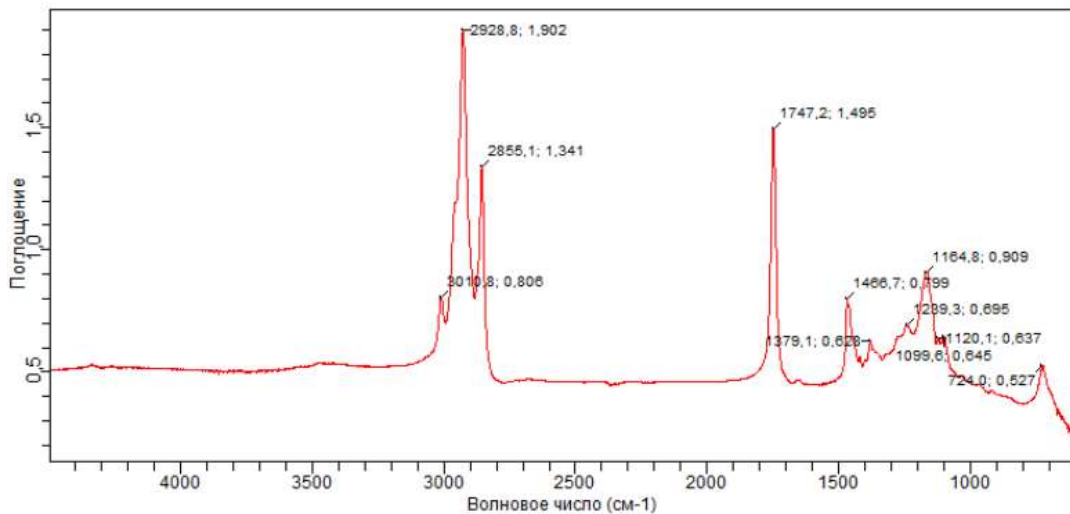
ფშატის თესლისაგან ზეთის მისაღებად გამოყენებული იქნა ორი მეთოდი: სოქსლეტის აპარატით ექსტრაქცია (48 საათი) ჰექსანის გამოყენებით და სუპერკრიტიკული წნევის ფლუიდური ექსტრაქტორით ექსტრაქცია თხევადი ნახშირორჟანგის მიწოდებით. დადგენლი იქნა, რომ ლიპიდები შეადგენს თესლის საერთო მასის 7% – სოქსლეტით, ხოლო 8% სუპერკრიტიკული წნევის ფლუიდური ექსტრაქტორით ექსტრაქციის შემთხვევაში.

მიღებული ზეთების კვლევას ვაწარმოებდით ინფრაწითელი სპექტროსკოპიისა და აირ-სითხური ქრომატოგრაფის (TRACE™ 1310 Gas Chromatograph - Thermo Scientific) საშუალებით.

ინფრაწითელი სპექტრის არეში (700-დან 4000-ს ნმ) კვლევისათვის გამოყენებული იქნა Agilent-ის ფირმის ხელსაწყო Cary 630 FTIR. კვლევისას დაფიქსირებულ იქნა რამდენიმე შთანთქმის მაქსიმუმი. კერძოდ: 3433,8-2855,1 სმ^{-1} დიაპაზონში, რომელიც შეესაბამება -CH და სპირტებში -OH ჯგუფს; 1747,2-1464,8 სმ^{-1} C=O და C=C ჯგუფს, 1318,5-1025 სმ^{-1} , რომელშიც ვლინდება C-O, C-C, C-N, N-O ვალენტური და N-H, C-H, O-H დეფორმაციული რხევები (სურათი 66-67).



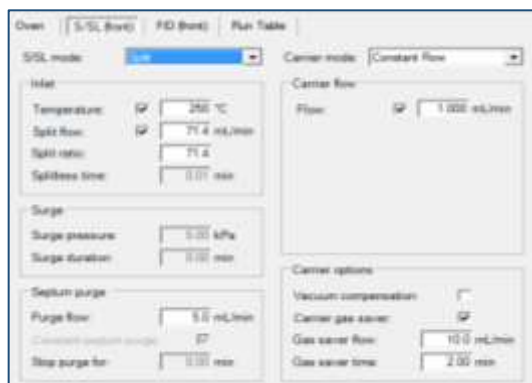
სურათი 66. სუპერ ფლუიდური ექსტრაქციით მიღებული ფმატის თესლის ზეთის ინფრაწითელი სპექტრი



სურათი 67. სოქსლეტით ექსტრაქციით მიღებული ფმატის თესლის ზეთის ინფრაწითელი სპექტრი

მიღებული ზეთის კვლევას ვახორციელებდით ასევე აირ-სითხური ქრომატოგრაფიის (TRACE™ 1310 Gas Chromatograph - Thermo Scientific) საშუალებით. ქრომატოგრაფირება მიმდინარეობდა ქრომატოგრაფიულ კაპილარულ სვეტზე Red-ის ფირმის DR-5MS-SA Capillary GC Column, 60 მ სიგრძის, 0,25 მმ დიამეტრის და 0,25 მკმ უძრავი ფაზის ნაწილაკების ზომით. უძრავ ფაზას წარმოადგენდა 5%-di-Phenyl, 95%-Methyl polysiloxane.

ნიმუშები აირ-სითხური ქრომატოგრაფირებისათვის მექანიკური მინარევების მოსაცილებლად ვფილტრავდით, შემდგომ ვაცენტრიფუგირებდით და ეთერიფიკაციისთვის დავუმატეთ 0.5 მლ 2 ნორმალური KOH-ის 96% სპირტხსნარი, ნიმუშები გავხსენით 10 მლ ჰექსანში და დავაცენტრიფუგირეთ 10 წუთის განმავლობაში 1000 ბრ/წთ-ზე. ინჟექტორის ტემპერატურული რეჟიმი 250°C, მოძრავი ფაზის –ჰელიუმის სიჩქარე შეადგენდა 1 მლ/წთ (სურათი 68).



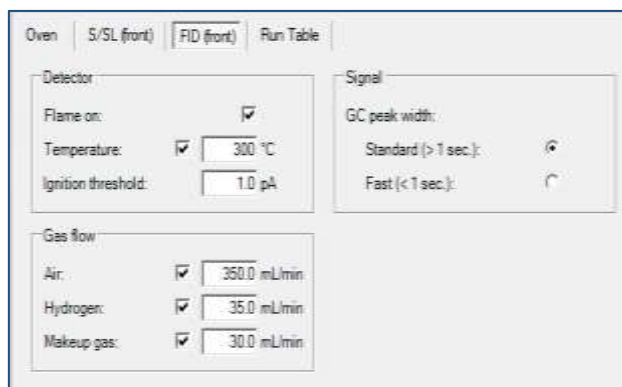
სურათი 68. ინჟექტორების პარამეტრები

ქრომატოგრაფირება ხორციელდებოდა ტემპერატურულ გრადიენტით. ქრომატოგრაფირება დავიწყეთ 120°C-ზე, რომელიც მიმდინარეობდა 5 წუთის განმავლობაში. მეორე ეტაპზე 20 (°C/წუთში) სიჩქარით იზრდებოდა 220°C-მდე და ქრომატოგრაფირება გრძელდებოდა 12 წუთი. მესამე ეტაპზე 7 (°C/წუთში) სიჩქარით იზრდებოდა 300°C-მდე და გრძელდებოდა აღნიშნულ ტემპერატურაზე 7 წუთის განმავლობაში. ქრომატოგრაფირების სრული დრო შეადგენდა 51,43 წუთს (სურათი 69).



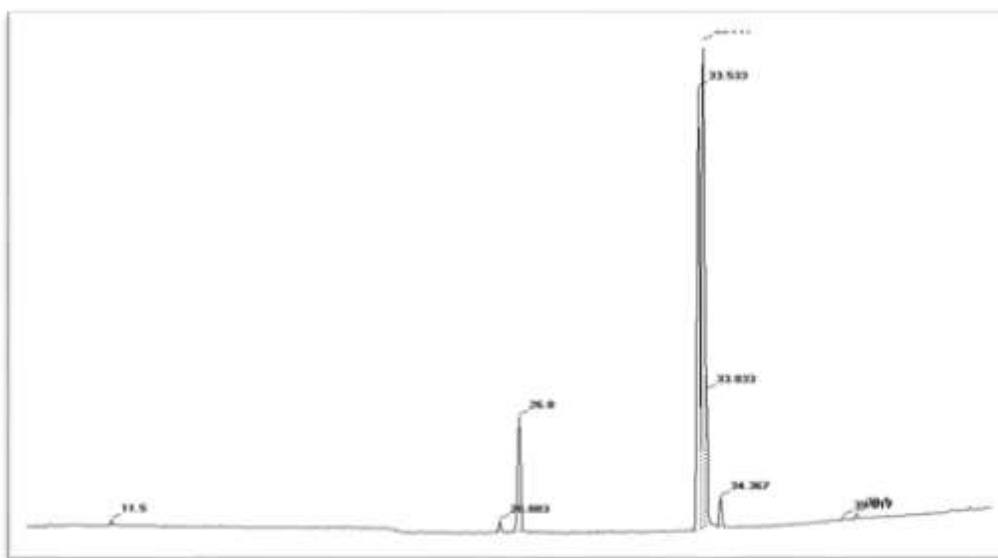
სურათი 69. ქრომატოგრაფირების ტემპერატურული რეჟიმი

ქრომატოგრაფირების მეშვეობით დაყოფილი კარბონმჟავების მეთილის ეთერების დეტექტირება ხდებოდა ალურ-იონიზაციურ დეტექტორზე. დეტექტორის ტემპერატურა შეადგენდა 300°C -ს, წყალბადის მიეწოდებოდა 35 მლ/წთ., ჰაერი 350 მლ/წთ., აირების განდევნა ხორციელდებოდა ჰელიუმით 30 მლ/წთ (სურათი 70).

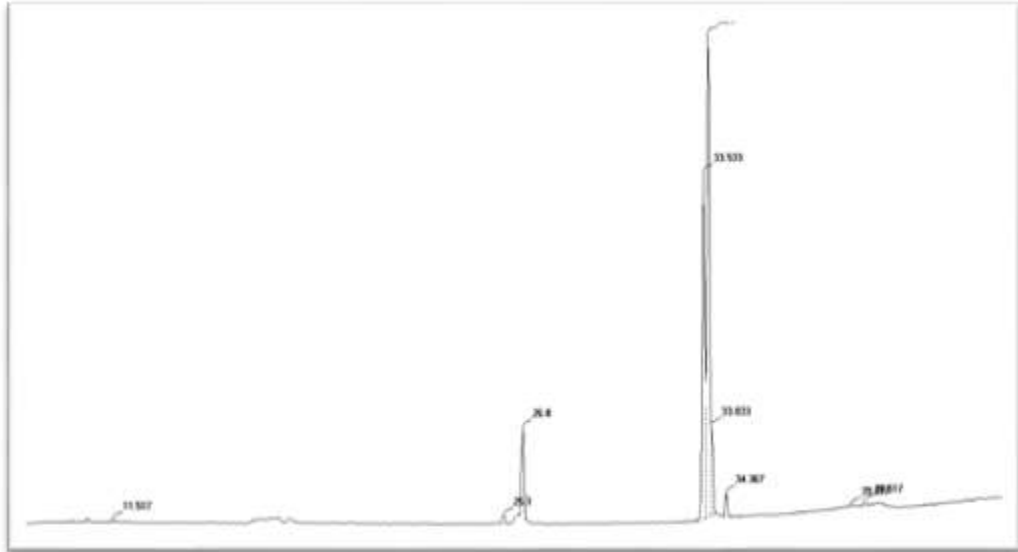


სურათი 70. დეტექტორის სამუშაო რეჟიმი

ქრომატოგრაფირების მეშვეობით მიღებული კომპონენტების იდენტიფიკაცია განხორციელდა ცნობილი შედგენილობის მქონე ნიმუშთან და ლიტერატურულ მონაცემებთან შედარებით (სურათი 71–72) [102,108].



სურათი 71. სოქსლეტის ექსტრაქციის მეთოდით მიღებული ფშატის ზეთის აირ-სითხური ქრომატოგრამა



სურათი 72. სუპერ ფლუიდური ექსტრაქციით მიღებული ფშატის ზეთის აირ-სითხური ქრომატოგრამა

ქრომატოგრაფიულმა კვლევამ გვაჩვენა, რომ ფშატის თესლიდან მიღებული ზეთი შემადგენლობაში შედის ძირითადად შემდეგ ცხიმმჟავები: ტეტრადეკანმჟავა (C14:0), პალმიტოლენის მჟავა (C16:1), პალმიტინის მჟავა (C16:0), ლინოლის მჟავა (C18:2n6c) (ომეგა 6), ოლეინის მჟავა (C18:1n9c), ალფა ლინოლენის მჟავა (ომეგა-3) (C18:3n3), სტეარინის მჟავა (C18:0), ცის 13 ეუკოზენის მჟავა (C20:1), არაქიდინის მჟავა (C20:0) (ცხრილი 16).

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ ფშატის თესლისაგან მიღებული ზეთში 90,0% წარმოადგენს C18 კარბონმჟავები, დომინანტია ოლეინის მჟავა (C18:1n9c) 43,342%-48,170%. მნიშვნელოვანია, რომ ფშატის თესლის ზეთი შეიცავს ლინოლის მჟავას, ალფა ლინოლენის მჟავას, ცის-13 - ეუკოზენის მჟავასა და არაქიდინის მჟავას, რომლებიც ომეგა 3-ისა და ომეგა 6-ის შემადგენლობაში შემავალ ძირითად ცხიმმჟავებს წარმოადგენენ (ცხრილი 16).

კარბონწყავათა კომპონენტური შემადგენლობა

ცხრილი №16

№	კომპონენტის დასახელება	შეკავების დრო (წთ)	სოქსლეტით ექსტრაგირებული %	SFE ფრაქცია, %
1	Tetradecanoate acid methyl ester (C14:0)	11.583	0,354±0.009	0.259±0.006
2	Palmitoleic acid methyl ester (C16:1)	26.183	0.856±0.021	0.738±0.018
3	Palmitic acid methyl ester (C16:0)	26.933	10.030±0.251	8.745±0.219
4	Linoleic acid methyl ester (C18:2n6c)	33.617	35.496±0.887	33.663±0.842
5	Oleic acid methyl ester (C18:1n9c)	33.817	43.342±1.084	48.170±1.204
6	α-Linolenic acid methyl ester (C18:3n3)	34.050	7.140±0.0.179	5.752±0.144
7	Stearic acid methyl ester (C18:0)	34.467	2.159±0.054	2.009±0.050
8	cis-13-Eicosenoic acid methyl ester (C20:1)	39.017	0.227±0.006	0.267±0.007
9	Arachidic acid methyl ester (C20:0)	39.583	0.396±0.010	0.398±0.010

დასკვნა

1. საქართველოს სინამდვილეში შესწავლილი იქნა ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ქიმიური შედგენილობა ანალიზის თანამედროვე ინსტრუმენტული მეთოდებით. დადგენილი იქნა ნაყოფის ტექნიკური, ბიოქიმიური და ქიმიური მაჩვენებლები. ოთხ სხვადასხვა რეგიონში (ზღვის დონიდან განსხვავებულ სიმაღლეზე) საანალიზოდ აღებული 10 ნიმუშიდან საუკეთესო ზომით, მასითა და მოცულობით გამოიჩევა ოზურგეთისა და ქედის ნაყოფი, ხოლო კარგი ქიმიური მახასიათებლებით (მშრალი ნივთიერება, მჟავიანობა, შაქარმჟავა ინდექსი) ქედისა და ხულოს ნიმუში.
2. ულტრა მაღალეფექტური (წნევის) სითხური ქრომატოგრაფის UPLC-PDA, MS მეთოდით ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb. ნაყოფში, ფოთოლსა და თესლში სულ იდენტიფიცირებულია 21 ფენოლური ნაერთი, მათ შორის ნაყოფში 16 ნივთიერება: Quercetin-O-(pentosyl) hexoside-O-rhamnoside, Isorhamnetin-O-glucuronide derivative, Quercetin-O-(pentosyl)hexoside, Sinapic acid-O-pentosyl(hexoside) (formate adduct), Kaempferol-O-(coumaroyl)hexoside, Quercetin-O-(pentosyl)hexoside-O-hexoside, Diosmetin-8-C-hexoside-C-hexoside, Sinapic acid-O-hexoside, Dihydrokaempferol-O-hexoside, Quercetin-O-hexoside, Kaempferol-O-dihexoside-O-rhamnoside, Diosmetin-O-dihexoside, 2-Methylnaconitate derivative, Kaempferol-O-dihexoside, Kaempferol-O-hexoside, Isorhamnetin-O-hexoside. ფოთოლში - 7 ნივთიერება, მათგან 4 ნივთიერება (Quercetin-O-(pentosyl)hexoside, Sinapic acid-O-pentosyl(hexoside) (formate adduct), Kaempferol-O-(coumaroyl)hexoside, Kaempferol-O-hexoside) ნაყოფის მსგავსია, ხოლო 3 განსხვავებული: bis-HHDP-O-glucose, Saccharide, Isorhamnetin-O-pentosyl(hexoside). თესლში იდენტიფიცირებულია 7 ნაერთი, მათგან 4 ნივთიერება ნაყოფში გვხვდება (Kaempferol-O-(coumaroyl)hexoside, Kaempferol-O-dihexoside-O-rhamnoside, Kaempferol-O-dihexoside, Isorhamnetin-O-hexoside, ერთი ნივთიერება ფოთოლში Isorhamnetin-O-pentosyl(hexoside) და 2 განსხვავებული ნაერთი: Quercetin-O-dihexoside, Kaempferol-O-pentosyl(hexoside) მხოლოდ თესლში.

3. ფშატის *Elaeagnus umbellata* Thunb-ს ნაყოფსა და ფოთოლში განისაზღვრა საერთო ფენოლების, ფლავონოიდებისა და კატექინების რაოდენობრივი შემცველობა. ფშატის ნაყოფში ფენოლური ნაერთების რაოდენობა მერყეობს 209,18–520,63 მგ/100გ, ფლავონოიდების 112,06–338,62 მგ/100გ, ხოლო კატექინების 76,54–160,92მგ/100გ (ნედლ მასაზე). ფშატის ფოთოლში ფენოლური ნაერთების რაოდენობა მერყეობს 1936,40–4058,00 მგ/100გ, ფლავონოიდების 1355,25–2827,59მგ/100გ, ხოლო კატექინების 563,26–1174,03 მგ/100გ (ნედლ მასაზე). რაოდენობრივად ნაყოფებთან შედარებით ფშატის ფოთოლში ნაერთების თითქმის 5ჯერ მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა. დადგენილი იქნა მათი ანტიოქსიდანტური აქტიურობა. ნაყოფში მაჩვენებელი მერყეობს 10,71–21,35, ხოლო ფოთოლში 1,13–3,04 (50%-იანი ინჰიბირება მგ ნიმუშის) ერთეულის ფარგლებში.
4. ფშატის ნაყოფიდან გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულია სამი ნახშირწყალი - ფრუქტოზა, გლუკოზა, საქაროზა. საერთო ნახშირწყლების შემცველობა მერყეობს 34,54 – 104,41 გ/კგ ფარგლებში, წარმოდგენილ ნიმუშებში დომინანტია გლუკოზა 16,55–50,58 გ/კგ და ფრუქტოზა 17,28 – 50,37 გ/კგ, მცირე რაოდენობითაა საქაროზა 0,62 – 3,66 გ/კგ. უცხოურ ლიტერატურულ მონაცემებთან შედარებით ნახშირწყლების რაოდენობრივი შემცველობა თითქმის ერთნაირია.
5. ფშატის ნაყოფიდან იდენტიფიცირებულია ოთხი ორგანული მჟავა: ვაშლის მჟავა, ლიმონმჟავა, ღვინის მჟავა, ქარვის მჟავა. განისაზღვრა მათი რაოდენობრივი შემცველობა, დომინანტ მჟავას წარმოადგენს ვაშლის მჟავა, რომელიც 165 –955 მგ/100გ-ის ფარგლებში მერყეობს.
6. ფშატის ნაყოფში შესწავლილი იქნა კაროტინოიდების თვისობრივი და რაოდენობრივი შემცველობა. იდენტიფიცირებულია 2 კაროტინი: ლიკოპენი და β-კაროტინი. რაოდენობრივი ანალიზისას მაღალი მაჩვენებელი- ლიკოპენი 49,21მგ/100გ, β კაროტინი 0,73 მგ/100გ და საერთო კაროტინოიდები 57,01 მგ/100გ (ნედლ მასაზე) დაფიქსირდა ხულოს ტერიტორიაზე აღებულ ნიმუშში.
7. ფშატის ნაყოფიდან ლიკოპენის ექსტრაქციისათვის შერჩეული იქნა ეკოლოგიური, უსაფრთხო და ოპტიმალური მეთოდი-ულტრაბგერითი ექსტრაქცია „მწვანე“

ექსტრაგენტით. დადგენილი იქნა ოპტიმალური პირობები. პრაქტიკული გამოსავალი იყო საწყისის 85%.

8. მიღებულ პროდუქტში საწყისს და შენახვის შემდეგ ინფრაწითელი, ულტრასფერ და ხილულ სპექტროსკოპიით იდენტიფიცირებული იქნა და რაოდენობრივად განისაზღვრა ლიკოპენი, აგრეთვე განისაზღვრა: მჟავური რიცხვი (მგ KOH/გ ცხიმის), ზეჟანგური რიცხვი meq/kg, ნ-ანიზიდინი და ანტიოქსიდანტური აქტივობა. მიღებული შედეგების შეჯერებით, დადგენილი იქნა ფშატის ნაყოფიდან ლიკოპენის „მწვანე“ ექსტრაგენტით ულტრაბგერითი ექსტრაქცია და მისი შემდგომი მრავალმხრივი გამოყენება ეფექტური, ეკოლოგიური და დამზოგი მიდგომაა ბუნებრივი რესურსების მიმართ.

9. ქრომატოგრაფიული მეთოდით კონდუქტომეტრული დეტექტირებით ფშატის ნაყოფსა და ფოთოლში იდენტიფიცირებულია 5 კატიონი: ლითიუმი, ნატრიუმი, კალიუმი, მაგნიუმი და კალციუმი. განისაზღვრა მათი რაოდენობრივი შემცველობა, დომინანტს წარმოადგენდა კალიუმი, ფოთოლში მისი შემცველობა ორჯერ მეტია, ვიდრე ნაყოფში. კალიუმის მაღალი შემცველობა ორივე შემთხვევაში დაფიქსირდა ხულოს ნიმუშში, ნაყოფში 359,6 ppm, ფოთოლში 683,9ppm.

10. დადგენილი იქნა მცენარის თესლიდან სუპერ კრიტიკული წნევის ფლუიდური ექსტრაქციის მეთოდით ზეთის, კაროტინოიდებისა და ფენოლური ნაერთებით მდიდარი ექსტრაქტების მიღების ოპტიმალური პირობები. ფენოლური ნაერთების ფრაქციების თვისობრივი კვლევისას იდენტიფიცირებული იქნა 7 ფენოლური ნაერთი.

11. ფშატის თესლისაგან ზეთი მიღებული იქნა ორი მეთოდით: სოქსლეტისა და სუპერკრიტიკული წნევის ფლუიდური ექსტრაქტორით ექსტრაქციით თხევადი ნახშირორჟანგის მიწოდებით. დადგენილი იქნა, რომ სუპერკრიტიკული წნევის ფლუიდური ექსტრაქტორით ექსტრაქციის შემთხვევაში გამოსავალი მეტია და შეადგენს 8%. შესწავლილი იქნა მიღებული ზეთის ქიმიური შემადგენლობა ინფრაწითელი სპექტროსკოპიისა და აირ-სითხური ქრომატოგრაფიის საშუალებით. დადგენილი იქნა, რომ 90,0%-ს წარმოადგენს C18 კარბონმჟავები, დომინანტია ოლეინის მჟავა (C18:1n9c)

43,342%-48,170%. მნიშვნელოვანია, რომ ზეთი შეიცავს ლინოლის მჟავას, ალფა ლინოლენის მჟავას, ცის 13 ეუკოზენის მჟავასა და არაჟიდინის მჟავას, რომლებიც ომეგა 3-ისა და ომეგა 6-ის შემადგენლობაში შემავალ ძირითად ცხიმჟავებს წარმოადგენენ.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. გულიშვილი ნინო. (2017). საქართველოს პირობებში მზარდი ასკილის და კუნელის მიკროფხვნილების ტექნოლოგიისა და ხარისხის კონტროლის მეთოდების დამუშავება. დისერტაცია. 8-17.
2. ვასაძე თემურ. (2018). აჭარის გვიმრების მრავალფეროვნება და ბიოეკოლოგია. დისერტაცია. (130გვ.) 3-4.
3. სურმანიძე ნონა, ვანიძე მაია, კალანდია ალექო. (2019). ფშატის (*Elaeagnus L.*) ნაყოფის ნახშირწყლებისა და ორგანული მჟავების ქრომატოგრაფიული ანალიზი. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი. პირველი საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „ახალი ინიციატივები”, 121-128.
4. ჩაკვეტაძე შორენა. (2018). სხვადასხვა სახის ჩაის პროდუქტების მიღება ტრადიციული და არატრადიციული ნედლეულის გამოყენებით. დისერტაცია. 43-45.
5. ხარაზიშვილი დავით. (2006). მდინარე ჩირუხისწყლის ხეობის (აჭარა) მაღალმთის ფლორისა და მცენარეულობის მრავალფეროვნება. დისერტაცია. (105გვ.) 4-5.
6. Ahmad, S. D., Sabir, S. M., & Lodhi, N. A. (2005). Morphological and biochemical comparison of *Hippophae rhamnoides*, *Elaeagnus umbellata* and *Crataegus oxyacantha* intra-and interspecifically. *South African Journal of Botany*, 71(2), 231-237.
7. Ahmad, S. D., Sabir, M. S., Juma, M., & Asad, H. S. (2005). Morphological and biochemical variations in *Elaeagnus umbellata* Thunb. from mountains of Pakistan. *Acta Botanica Croatica*, 64(1), 121-128.
8. Ahmad, S. D., Sabir, S. M., & Zubair, M. (2006). Ecotypes diversity in autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb): A single plant with multiple micronutrient genes. *Chemistry and Ecology*, 22(6), 509-521.
9. Ahmad, S. D., Sabir, S. M., Saud, H. M., & Salihuddin, Y. (2008). Evolutionary relationship and divergence based on SDS-PAGE of *Elaeagnus umbellata* (Thunb.) populations, a multipurpose plant from the Himalayas. *Turkish Journal of Biology*, 32(1), 31-35.

10. Amorim, A. D. G. N., Vasconcelos, A. G., Souza, J., Oliveira, A., Gullón, B., de Souza de Almeida Leite, J. R., & Pintado, M. (2022). Bio-availability, anticancer potential, and chemical data of lycopene: an overview and technological prospecting. *Antioxidants*, 11(2), 360.
11. Ayaz, F. A., & Bertoft, E. (2001). Sugar and phenolic acid composition of stored commercial oleaster fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14(5), 505-511.
12. Aziz, S., Aziz, S., & Andleeb, S. (2015). Biological screening of *Elaeagnus umbellata* Thunb. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 28(1), 65-71.
13. Bacanlı, M., Başaran, N., & Başaran, A. A. (2017). Lycopene: is it beneficial to human health as an antioxidant?. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(3), 311.
14. Barbusiński, K. (2009). Fenton reaction-controversy concerning the chemistry. *Ecological Chemistry and Engineering. S*, 16(3), 347-358.
15. Bartish, I. V., & Swenson, U. (2004). *Elaeagnaceae. Flowering Plants. Dicotyledons: Celastrales, Oxalidales, Rosales, Cornales, Ericales*, 131-134.
16. Bennick, A. (2002). Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 13(2), 184-196.
17. Beridze, M., Kalandia, A., Japaridze, I., Vanidze, M., Varshanidze, N., Turmanidze, N., ... & Jakeli, E. (2020). Phytochemical Study of Endemic Species *Helleborus Caucasicus* and *Helleborus Abchasicus*. *HighTech and Innovation Journal*, 1(1), 28-32.
18. Black, B. L., Fordham, I. M., & Perkins-Veazie, P. (2005). Autumnberry (*Elaeagnus umbellata*): A potential cash crop. *Journal of the American Pomological Society*, 59(3), 125.
19. Braniša, J., Jenisová, Z., Porubská, M., Jomová, K., & Valko, M. (2021). Spectrophotometric determination of chlorophylls and carotenoids. An effect of sonication and sample processing. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 61-64.
20. Byrd, S. M., Cavender, N. D., Peugh, C. M., & Bauman, J. (2012). Sustainable landscapes: evaluating strategies for controlling autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) on reclaimed surface mineland at the wilds conservation center in southeastern Ohio. *Journal of the American Society of Mining and Reclamation*, 193(1), 1.

21. Chemat-Djenni, Z., Ferhat, M. A., Tomao, V., & Chemat, F. (2010). Carotenoid extraction from tomato using a green solvent resulting from orange processing waste. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(2), 139-147.
22. Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics sonochemistry*, 34, 540-560.
23. Collins, J. K., Perkins-Veazie, P., & Roberts, W. (2006). Lycopene: from plants to humans. *HortScience*, 41(5), 1135-1144.
24. Dereli, F. T. G., & Yilmaz, E. (2023). *Elaeagnus* spp.(*Elaeagnus latifolia* L., *Elaeagnus umbellata* Thunb.). In *Himalayan Fruits and Berries* (pp. 145-152). Academic Press.
25. Edgin, B., & Ebinger, J. E. (2001). Control of autumn olive (*elaeagnus umbellata thunb.*) at beall woods nature preserve, illinois, USA. *Natural Areas Journal*, 21(4), 386-388.
26. Fordham, I. M., Clevidence, B. A., Wiley, E. R., & Zimmerman, R. H. (2001). Fruit of autumn olive: a rich source of lycopene. *HortScience*, 36(6), 1136-1137.
27. Franke, M. E., Zipper, C., & Barney, J. N. (2018). Native hardwood tree seedling establishment following invasive autumn-olive (*Elaeagnus umbellata*) removal on a reclaimed coal mine. *Invasive Plant Science and Management*, 11(3), 155-161.
28. Gabour Sad, T., Djafaridze, I., Kalandia, A., Vanidze, M., Smilkov, K., & Jacob, C. (2021). Antioxidant Properties of the Native Khechchuri Pear from Western Georgia. *Sci*, 3(1), 10.
29. Gamba, G., Donno, D., Mellano, M. G., Riondato, I., De Biaggi, M., Randriamampionona, D., & Beccaro, G. L. (2020). Phytochemical characterization and bioactivity evaluation of autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) pseudodrupes as potential sources of health-promoting compounds. *Applied Sciences*, 10(12), 4354.
30. Ganjhu, R. K., Mudgal, P. P., Maity, H., Dowarha, D., Devadiga, S., Nag, S., & Arunkumar, G. (2015). Herbal plants and plant preparations as remedial approach for viral diseases. *Virusdisease*, 26, 225-236.

31. Ghellam, M., Ilkay Koca, I. (2019). Lycopene: Chemistry, Sources, Bioavailability, and Benefits for Human Health. *International Congress on Engineering and Life Sciences*. 498-505.
32. Ghellam, M., Zannou, O., Galanakis, C. M., Aldawoud, T. M., Ibrahim, S. A., & Koca, I. (2021). Vacuum-assisted osmotic dehydration of autumn olive berries: Modeling of mass transfer kinetics and quality assessment. *Foods*, 10(10), 2286.
33. Ghias, U., & Abdur, R. (2012). Phytochemical screening and biological activity of the aerial parts of *Elaeagnus umbellata*. *Scientific Research and Essays*, 7(43), 3690-3694.
34. Guleishvili, N., Kalandia, A., Vanidze, M., Japaridze, I., Gabidzashvili, M., & Bochoidze, I. (2018). ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE FLESH OF RED AND BLACK HAWTHORN WILD GROWING IN GEORGIA. *BOOK OF ABSTRACTS*, 53.
35. Guo, X., Yang, L., Hu, H., & Yang, L. (2009). Cloning and expression analysis of carotenogenic genes during ripening of autumn olive fruit (*Elaeagnus umbellata*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(12), 5334-5339.
36. Hangun-Balkir, Y., & McKenney, M. L. (2012). Determination of antioxidant activities of berries and resveratrol. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 5(2), 147-153.
37. Iannuzzi, A. M., Giacomelli, C., De Leo, M., Pietrobono, D., Camangi, F., De Tommasi, N., ... & Braca, A. (2020). Antioxidant activity of compounds isolated from *elaieagnus umbellata* promotes human gingival fibroblast well-being. *Journal of natural products*, 83(3), 626-637.
38. Ishaq, S., Rathore, H. A., Sabir, S. M., & Maroof, M. S. (2015). Antioxidant properties of *Elaeagnus umbellata* berry solvent extracts against lipid peroxidation in mice brain and liver tissues. *Food Science and Biotechnology*, 24, 673-679.
39. Johnson, J. D. (2007). Lutein and zeaxanthin: An introduction to the chemistry of dietary carotenoids. Florida State University, Alumnus, Department of Chemistry, Tallahassee <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/carotenoids/jcarotenoids.htm> (avgust, 2013).
40. Kampuss, K., Vintere, S., Remese, V., Sebre, G., DuckenaDučkēna, L., & Birzleja, D. (2022). Preliminary study of dormancy in buds of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) and autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) seedlings.

41. Kim, Y. J., Kim, H. B., Baek, E. H., Heu, S., & An, C. S. (2005). Constitutive expression of two endochitinases from root nodules of *Elaeagnus umbellata* confers resistance on transgenic *Arabidopsis* plants against the fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *Journal of Plant Biology*, 48, 39-46.
42. Kim, M. J., Lim, J. S., & Yang, S. A. (2016). Component analysis and anti-proliferative effects of ethanol extracts of fruits, leaves, and stems from *Elaeagnus umbellata* in HepG2 cells. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 45(6), 828-834.
43. Kim, J. I., Baek, H. J., Han, D. W., & Yun, J. A. (2019). Autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) berry reduces fasting and postprandial glucose levels in mice. *Nutrition research and practice*, 13(1), 11-16.
44. Khan, U. M., Sevindik, M., Zarrabi, A., Nami, M., Ozdemir, B., Kaplan, D. N., ... & Sharifi-Rad, J. (2021). Lycopene: Food sources, biological activities, and human health benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021.
45. Kharadze, M., Japaridze, I., Kalandia, A., & Vanidze, M. (2018). Anthocyanins and antioxidant activity of red wines made from endemic grape varieties. *Annals of Agrarian Science*, 16(2), 181-184.
46. Kharadze, M., Djaparidze, I., Shalashvili, A., Vanidze, M., & Kalandia, A. (2018). Phenolic compounds and antioxidant properties of some white varieties of grape wines spread in Western Georgia. *Bull. Georg. Natl. Acad. Sci*, 12(3), 103-109.
47. Khattak, K. F. (2012). Free radical scavenging activity, phytochemical composition and nutrient analysis of *Elaeagnus umbellata* berry. *J. Med. Plants Res*, 6(39), 5196-5203.
48. Kohri, M., Kamada, M., Yuuki, T., Okabe, T., & Nakagoshi, N. (2002). Expansion of *Elaeagnus umbellata* on a gravel bar in the Naka River, Shikoku, Japan. *Plant Species Biology*, 17(1), 25-36.
49. Kohri, M., Kamada, M., & Nakagoshi, N. (2011). Spatial-temporal distribution of ornithochorous seeds from an *Elaeagnus umbellata* community dominating a riparian habitat. *Plant Species Biology*, 26(2), 174-185.

50. Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The scientific world journal*, 2013.
51. Lee, J. H., Lee, B., Jeon, Y. D., Song, H. W., Lee, Y. M., Song, B. J., & Kim, D. K. (2021). Inhibitory effect of *elaegnus umbellata* fractions on melanogenesis in α -MSH-stimulated B16-F10 melanoma cells. *Molecules*, 26(5), 1308.
52. Li, J., Pettinato, M., Casazza, A. A., & Perego, P. (2022). A Comprehensive Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction for Lycopene Recovery from Tomato Waste and Encapsulation by Spray Drying. *Processes*, 10(2), 308.
53. Linares, G., & Rojas, M. L. (2022). Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Pigments From Food Processing By-Products: A Review. *Frontiers in Nutrition*, 9.
54. Luengo, E., Condón-Abanto, S., Condón, S., Álvarez, I., & Raso, J. (2014). Improving the extraction of carotenoids from tomato waste by application of ultrasound under pressure. *Separation and Purification Technology*, 136, 130-136.
55. Mahomoodally, M. F., Gurib-Fakim, A., & Subratty, A. H. (2005). Antimicrobial activities and phytochemical profiles of endemic medicinal plants of Mauritius. *Pharmaceutical Biology*, 43(3), 237-242.
56. Malik, Z. A., Singh, J., Rajasekaran, A., Negi, A. K., Pala, N. A., Panwar, V. P., & Bussmann, R. W. (2023). Potential of wild edible fruits for nutrition in indigenous communities of Northwest Himalaya, India. *Ethnobotany Research and Applications*, 25, 1-15.
57. Malinich, E., Lynn-Bell, N., & Kourtev, P. S. (2017). The effect of the invasive *Elaeagnus umbellata* on soil microbial communities depends on proximity of soils to plants. *Ecosphere*, 8(5), e01827.
58. Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of natural medicines*, 74(1), 1-16.
59. Minhas, F. A., Ahmed, M. N., Yasin, K. A., & Khan, A. M. (2018). Two New Compounds from *Elaeagnus umbellata* Thunb. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 40(1).

60. Minhas, F. A., Rehaman, H. U., Yasin, A., Awan, Z. I., & Ahmed, N. (2013). Antimicrobial activities of the leaves and roots of *Elaeagnus umbellata* Thunb. *African Journal of Biotechnology*, 12(48), 6754-6760.
61. Minhas, F. A., Aziz, S., Habib-ur-Rehman, M. I., & Naeem, M. (2013). Antiplasmodial activity of compounds isolated from *Elaeagnus umbellata*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(7), 277-283.
62. Munro, M. C., Newell, R. E., & Hill, N. M. (2014). 3-35 *Elaeagnaceae*, Oleaster Family. *Nova Scotia Museum*, 505-507.
63. Naumann, J. C., Bissett, S. N., Young, D. R., Edwards, J., & Anderson, J. E. (2010). Diurnal patterns of photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and PRI to evaluate water stress in the invasive species, *Elaeagnus umbellata* Thunb. *Trees*, 24, 237-245.
64. Nazir, N., Zahoor, M., Nisar, M., Khan, I., Karim, N., Abdel-Halim, H., & Ali, A. (2018). Phytochemical analysis and antidiabetic potential of *Elaeagnus umbellata* (Thunb.) in streptozotocin-induced diabetic rats: pharmacological and computational approach. *BMC complementary and alternative medicine*, 18, 1-16.
65. Nazir, N., Zahoor, M., Nisar, M., Karim, N., Latif, A., Ahmad, S., & Uddin, Z. (2020). Evaluation of neuroprotective and anti-amnesic effects of *Elaeagnus umbellata* Thunb. On scopolamine-induced memory impairment in mice. *BMC complementary medicine and therapies*, 20, 1-17.
66. Nazir, N., Zahoor, M., & Nisar, M. (2020). A review on traditional uses and pharmacological importance of genus *Elaeagnus* species. *The Botanical Review*, 86(3), 247-280.
67. Nazir, N., Zahoor, M., Uddin, F., & Nisar, M. (2021). Chemical composition, in vitro antioxidant, anticholinesterase, and antidiabetic potential of essential oil of *Elaeagnus umbellata* Thunb. *BMC Complementary medicine and therapies*, 21(1), 1-13.
68. Niho, N., Shibutani, M., Tamura, T., Toyoda, K., Uneyama, C., Takahashi, N., & Hirose, M. (2001). Subchronic toxicity study of gallic acid by oral administration in F344 rats. *Food and Chemical Toxicology*, 39(11), 1063-1070.

69. Oh, C. J., Kim, H. B., Kim, J., Kim, W. J., Lee, H., & An, C. S. (2012). Organization of *nif* gene cluster in *Frankia* sp. EuIK1 strain, a symbiont of *Elaeagnus umbellata*. *Archives of microbiology*, 194, 29-34.
70. Oliphant, A. J., Wynne, R. H., Zipper, C. E., Ford, W. M., Donovan, P. F., & Li, J. (2017). Autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) presence and proliferation on former surface coal mines in Eastern USA. *Biological Invasions*, 19, 179-195.
71. Onica, E., Roșca, I., Cutcovschi-Muștuc, A., & Giorchina, N. (2022). Creșterea, dezvoltarea și cultivarea taxonilor noi de *Elaeagnus umbellata* Thunb. în Grădina Botanică Națională (institut), „Alexandru Ciubotaru”. *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*, 151(1), 51-55.
72. Ozen, T., Yenigun, S., Altun, M., & Demirtas, I. (2017). Phytochemical Constituents, ChEs and Urease Inhibitions, Antiproliferative and Antioxidant Properties of *Elaeagnus umbellata* Thunb. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 20(6), 559-578
73. Ozen, T., Yildirim, K., & Toka, M. (2018). The impacts of *Elaeagnus umbellata* Thunb. leaf and fruit aqueous extracts on mice hepatic, extrahepatic antioxidant and drug metabolizing enzymes related structures. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 53.
74. Patel, S. (2015). Plant genus *Elaeagnus*: underutilized lycopene and linoleic acid reserve with permaculture potential. *Fruits*, 70(4), 191-199.
75. Paudel, S. B., Park, J., Kim, N. H., Choi, H., Seo, E. K., Woo, H. A., & Nam, J. W. (2019). Constituents of the leaves and twigs of *Elaeagnus umbellata* and their proliferative effects on human keratinocyte HaCaT cells. *Fitoterapia*, 139, 104374.
76. Paudel, S. B., Han, A. R., Choi, H., & Nam, J. W. (2020). Phytochemical constituents of leaves and twigs of *Elaeagnus umbellata*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 93, 104178.
77. Pi, H. Q., Quan, Q. M., Wu, B., Lv, X. W., Shen, L. M., & Huang, S. Q. (2021). Altitude-related shift of relative abundance from insect to sunbird pollination in *Elaeagnus umbellata* (Elaeagnaceae). *Journal of Systematics and Evolution*, 59(6), 1266-1275.

78. Przybylska, S. (2020). Lycopene—a bioactive carotenoid offering multiple health benefits: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(1), 11-32.
79. Qayyum, R., Qamar, H. M. U., Salma, U. M. M. E., Khan, S. H. A. M. I. Mo., Khan, T. A. O. U. S., & Shah, A. J. (2019). Insight into the cardiovascular activities of *Elaeagnus umbellata*. *Farmacia*, 67(1), 133-9.
80. Rafique, N., Khan, T., & Shah, A. J. (2016). Calcium entry blocking activity of the *Elaeagnus umbellata* fruit extract explains its use in diarrhea and gut spasm. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 11(3), 585-592.
81. Rahimi, S., & Mikani, M. (2019). Lycopene green ultrasound-assisted extraction using edible oil accompany with response surface methodology (RSM) optimization performance: Application in tomato processing wastes. *Microchemical Journal*, 146, 1033-1042.
82. Ramos, S. (2007). Effects of dietary flavonoids on apoptotic pathways related to cancer chemoprevention. *The Journal of nutritional biochemistry*, 18(7), 427-442.
83. Ri-Lei, S., Tao, W., Hai-Tao, H., Ling, Y. (2012). Research Situation about *Elaeagnus umbellata* Thunb. *J. Shanxi Agric. Sci.* 9-26.
84. Rivera, S. M., Christou, P., & Canela-Garayoa, R. (2014). Identification of carotenoids using mass spectrometry. *Mass Spectrometry Reviews*, 33(5), 353-372.
85. Rodriguez-Amaya, D. B., & Kimura, M. (2004). *HarvestPlus handbook for carotenoid analysis* (Vol. 2, p. 63). Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI).
86. Rood, S. B., Braatne, J. H., & Goater, L. A. (2010). Favorable fragmentation: river reservoirs can impede downstream expansion of riparian weeds. *Ecological Applications*, 20(6), 1664-1677.
87. Sabir, S. M., & Riaz, K. (2005). Morphological, biochemical and elemental analysis of *Elaeagnus umbellata*, a multipurpose wild shrub from Pakistan. *Journal of Applied Horticulture*, 7(2), 113-116.
88. Sabir, M. S., Ahmad, D. S., Imtiaz, H., & Tahir, K. M. (2007). Antibacterial activity of *Elaeagnus umbellata* (Thunb.) a medicinal plant from Pakistan. *Saudi medical journal*, 28(2), 259-263.

89. Sahakyan, N., Petrosyan, M., Koss-Mikołajczyk, I., Bartoszek, A., Sad, T. G., Nasim, M. J., ... & Trchounian, A. (2019). The Caucasian flora: a still-to-be-discovered rich source of antioxidants. *Free Radical Research*, 53(sup1), 1153-1162.
90. Saini, R. K., Prasad, P., Lokesh, V., Shang, X., Shin, J., Keum, Y. S., & Lee, J. H. (2022). Carotenoids: Dietary sources, extraction, encapsulation, bioavailability, and health benefits—A review of recent advancements. *Antioxidants*, 11(4), 795.
91. Schweingruber, F.H., Schulze, E.D. (2011). *Elaeagnaceae*. *Atlas of Stem Anatomy in Herbs, Shrubs and Trees*, 152-5.
92. Shonia, A., Surmanidze, N., Khakhutaishvili, M., Vanidze, M., Kalandia, A. (2019). Bioactive compounds of some fruit common in Adjara. *Journal of Biotechnology* 305, S67.
93. Skiepkó, N., Chwastowska-Siwiecka, I., & Kondratowicz, J. (2015). Właściwości likopenu i jego wykorzystanie do produkcji żywności funkcjonalnej. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 22(6).
94. Soley, N. (2013). Reproductive biology of the invasive plant *Elaeagnus umbellata*: breeding system, pollinators, and implications for invasive spread. Southern Illinois University at Carbondale.
95. Son, O., Yoon, C. Y., & Park, S. (2014). Phylogenetic relationships in Korean *Elaeagnus* L. based on nrDNA ITS sequences. *Korean Journal of Plant Resources*, 27(6), 671-679.
96. Spínola, V., Pinto, J., Llorent-Martínez, E. J., & Castilho, P. C. (2019). Changes in the phenolic compositions of *Elaeagnus umbellata* and *Sambucus lanceolata* after in vitro gastrointestinal digestion and evaluation of their potential anti-diabetic properties. *Food Research International*, 122, 283-294.
97. Stark, C. (2000). Control of *Elaeagnus umbellata*—(Autumn Olive).
98. Surmanidze, N., Diasamidze, M., Vanidze M. and Kalandia, A. (2021). Prospects for the use of Physiologically Active Compounds of *Elaeagnus umbellata*. *International Journal of Life Sciences* Vol. 10. No.3. 46-51.

99. Surmanidze, N., Vanidze M., Kalandia, A. (2022). *Elaeagnus umbellata* fruits and leaves biologically active compounds. Ivane Javakhishvili Tbilisi State University. American chemical society, „3rd International Symposium 2022”,(9).
100. Vanidze, M., Surmanidze, N., Putkaradze, J., Kartsivadze, I., Djaparidze, I., Kalandia, A., (2017). Antioxidants of Introductory and Endemic Plants in Georgia. International Natural and Health Science Conference (INHSC2017). Antalya/Turkey. pp 131- 139.
101. Wackenroder, H. W. F. (2009). The discovery and early history of carotene. *Bull. Hist. Chem*, 34(1), 33.
102. Wang, S. Y., & Fordham, I. M. (2007). Differences in chemical composition and antioxidant capacity among different genotypes of autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.). *Food Technol. Biotechnol*, 45 (4) 402–409.
103. Wang, C., Duan, Z., Fan, L., & Li, J. (2019). Supercritical CO₂ fluid extraction of *Elaeagnus mollis* Diels seed oil and its antioxidant ability. *Molecules*, 24(5), 911.
104. Wang, T., Hou, Y., Hu, H., Wang, C., Zhang, W., Li, H., ... & Yang, L. (2020). Functional validation of phytoene synthase and lycopene ϵ -cyclase genes for high lycopene content in autumn olive fruit (*Elaeagnus umbellata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(41), 11503-11511.
105. Webb, D. M., Abaye, A. O., Teutsch, C. D., Luginbuhl, J. M., Scaglia, G., & Zipper, C. E. (2011). Mixed grazing goats with cattle on reclaimed coal mined lands in the Appalachian region: effects on forage standing biomass, forage botanical composition and autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.). *Sheep & Goat Research Journal*, 26, 26-31.
106. Who Library Cataloguing-in-Publication data, Regional Office for South-East Asia. (2010). *Traditional Herbal Remedies for Primary Health Care*, 10-12.
107. Wojdyło, A., Oszmiański, J., & Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food chemistry*, 105(3), 940-949.

108. Wu, M. C., Hu, H. T., Yang, L., & Yang, L. (2011). Proteomic analysis of up-accumulated proteins associated with fruit quality during autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) fruit ripening. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(2), 577-583.
109. Zglińska, K., Galewska, A. R., Bryś, J., Koczoń, P., Borek, K., Roguski, M., & Niemiec, T. (2021). *Elaeagnus umbellata* fruit-chemical composition, bioactive compounds, and kinetic of DPPH inhibition compared to standard antioxidants. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 639-646.
110. Zglińska, K., Rygało-Galewska, A., & Niemiec, T. (2022). Antioxidative properties of autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) fruits according to the method of fruit preservation and solvent used in extraction. *Polish Technical Review*, 1.
111. Zhou, X., Brandle, J. R., Schoeneberger, M. M., & Awada, T. (2007). Developing above-ground woody biomass equations for open-grown, multiple-stemmed tree species: Shelterbelt-grown Russian-olive. *ecological modelling*, 202(3-4), 311-323.
112. Zubair, M., Ahmad, S. D., & Sabir, S. M. (2006). Ecotypes diversity in autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb): A single plant with multiple micronutrient genes. *Chemistry and Ecology*, 22(6), 509-521.
113. Zulfiqar, H., Amjad, M. S., Mehmood, A., Mustafa, G., Binish, Z., Khan, S., ... & Pérez de la Lastra, J. M. (2022). Antibacterial, Antioxidant, and Phytotoxic Potential of Phytosynthesized Silver Nanoparticles Using *Elaeagnus umbellata* Fruit Extract. *Molecules*, 27(18), 5847.
114. <https://www.ontarioinvasiveplants.ca/wp-content/uploads/2020/10/AutumnOlive-BMP.pdf>