

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



**ჯეირან ფუტყარაძე**

**Prunus cerasifera Ehrh ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ქიმიური  
შედგენილობისა და ანტიოქსიდანტური აქტიურობის დადგენა**

(წარდგენილია ქიმიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად)

სპეციალობა: ბუნებრივ ნაერთთა ანალიზი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი

ბიოლოგიის მეცნიერებათა

დოქტორი

ალეკო კალანდია

**ა ნ ო ტ ა ც ი ა**

**ბათუმი-2023**

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის ქიმიის დეპარტამენტში.

აღნიშნული პროექტი განხორციელდა სსიპ შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი AP/96/13; PHDF-22-2895

**სამეცნიერო ხელმძღვანელი:**

**ალეკო კალანდია**

პროფესორი, ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი, ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

**შემფასებლები:**

1. გიორგი ქვარცხავა  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, პროფესორი
2. ანა გოლეთიანი  
შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდი,  
„ჰორიზონტი ევროპა&quot; საქართველოს ეროვნული ოფისი.  
ქიმიის დოქტორი (ორგანული ქიმია).  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მოწვეული პროფესორი
3. მერაბ არძენაძე  
ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, აგრარული და  
მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის, ქიმიური ანალიზისა და  
სურსათის უსაფრთხოების განყოფილების მთავრი მეცნიერი თანამშრომელი

სადისერტაციო ნაშრომის დაცვა შედგება 2023 წლის ..... ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე.

მისამართი: ბათუმი ნინოშვილის ქ. №35.....

სადისერტაციო ნაშრომის გაცნობა შესაძლებელია ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში, ასევე უნივერსიტეტის ვებ გვერდზე [www.bsu.edu.ge](http://www.bsu.edu.ge)

**შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის**

**საბუნებისმეტყველო. მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტი**

**სადისერტაციო საბჭოს მდივანი:**

**ნ. ზარნაძე**

## შესავალი

**ნაშრომის აქტუალურობა:** ქვეყნის სასურსათო უზრუნველყოფისათვის და საერთაშორისო ბაზარზე მაღალი ხარისხის, ნატურალური კვების პროდუქტების გატანის მიზნით, საქართველოს ეკონომიკაში კვლავ აქტუალურია ხილის და მისი გადამუშავების პროდუქტების განვითარების ძირითადი მიმართულებების განსაზღვრა და წარმოების ხელშეწყობა. მაღალხარისხოვანი პროდუქციის წარმოების საფუძველს წარმოადგენს ხარიახიანი ნედლეული, რაც გამოიხატება მის ქიმიურ შედგენილობაში. საკვებისაგან ადამიანის ჯანმრთელობაზე შესაძლო სარგებლის დასადგენად, აუცილებელია მასში შემავალი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების იდენტიფიცირება და რაოდენობრივი შემცველობის განსაზღვრა. აღნიშნულ ინგრედიენტებს მიეკუთვნება ვიტამინები, ორგანული მჟავები, ანტოციანები, ფლავონოიდები და სხვა.

ასევე უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ნედლეულის გადამუშავების კომპლექსურობას და გადამუშავების ნარჩენების შესწავლას, კერძოდ ტყემლის ნაყოფების სამრეწველო გადამუშავების ნარჩენები დაბალი ღირებულებებისა და ადვილი ხელმისაწვდომობის გამო, რომელიც სხვა მხრივ შეიძლება გადაყრილი იქნას გარემოში როგორც ნაგავი, შეიძლება მივიჩნიოთ ნუტრიცევტიკების მნიშვნელოვან წყაროდ. ბიოაქტიური ნაერთებით მდიდარი დღევანდელი წარმოებისათვის არასასურველი ნარჩენები შეიძლება გადამუშავდეს, როგორც დამატებითი ღირებულების საკვებ დანამატებად, რომლებიც თავის მხრივ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ფუნქციონალური დანიშნულების პროდუქტების შემუშავებაში.

ინტერესი *Prunus* გვარის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებით მდიდარი ნედლეულის და მისგან მიღებული პროდუქტების მიმართ მთელს მსოფლიოში საკმაოდ მაღალია. შესწავლილია როგორც ნაყოფის, კურკის და ასევე ფოთლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები [1-11]. დიდი ინტერესია უშუალოდ ტყემლის (*Prunus cerasifera* Ehrh) მიმართაც. ნაყოფში იდენტიფიცირებულია მრავალი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთი [12,13], შესწავლილია მირობელას (*Prunus cerasifera* L.) ახალი სელექციური ფორმების ქიმიური შეგენილობა და მათი დამოკიდებულება ნაყოფის გემურ მახასიათებლებზე [14,15] რამდენიმე ჯიშში (თურქეთი) შესწავლილია ნაყოფში ნახშირწყლების, ორგანული მჟავების და სხვა შემცველობა ნაყოფის დამწიფების პერიოდში [16]. შესწავლილია მათში ფენოლური ნაერთების, ორგანული მჟავების რაოდენობრივი შემცველობა [17-21], ჰიბრიდულად მიღებული ჯიშების ქიმიური შედგენილობა [22,23], კურკაში აირ-სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდით დადგენილია ცხიმის და ცხიმმჟავათა შემცველობა [24-27], ბიოდიზელის მიღების შესაძლებლობები [28], ნაყოფის ანტიოქსიდანტური და ანტიბაქტერიული აქტივობები [29-32]. *Prunus cerasifera* ფოთლებში HPLC-DAD/ESI-

MS მეთოდის გამოყენებით შესწავლილი იქნა ანტოციანების შემცველობა და იდენტიფიცირებულია რამდენიმე ფენოლკარბონმჟავა [33-36]. მიღებული პრეპარატები გამოყენებული იქნა ნანოპრეპარატის მისაღებად [37]. *Prunus cerasifera tree gum* შესწავლამ აჩვენა მასში დომინანტი არაბინოზა და გალაქტოზა [38].

ტყემალი *Prunus cerasifera* საქართველოში ძალზე გავრცელებული მცენარეა. გვქვდება მისი როგორც ველური, ასევე კულტურული ფორმების ნარგაობები [39]. ნაყოფისაგან საქართველოს ყველა კუთხეში ამზადებენ განსხვავებული რეცეპტურით პროდუქტებს: საწებელი, ტყლაპი, ყორაო, ჯემი, მურაბა და სხვა. მიუხედავად ამისა, ჩვენს მიერ განხილულ მრავალფეროვან ლიტერატურაში, მხოლოდ 1981 წელს გამოცემული ნაშრომები შეეხება საქართველოში მოყვანილი ტყემლის ნაყოფის კვლევას [40,41], ასევე მის მორფოლოგიურ მრავალფეროვნებას [42].

**პრობლემის ფორმულირება-** კვლევის თანამედროვე მდგომარეობა საქართველოში შეიძლება ითქვას ძალზე არა სრულყოფილია. პრაქტიკულად არ არსებობს მონაცემები საქართველოს პირობებში მოყვანილი ტყემლის ნაყოფის ქიმიური შედგენილობის შესახებ. არსებობს არასრული ფიზიკურ-ქიმიური მონაცემები საქართველოს აგრო-კლიმატურ პირობებში გავრცელებული ტყემლის ნაყოფების შესახებ. კვლევები ძირითადად ჩატარებულია 30-40 წლის წინ, ბუნებრივია მაშინ შესაძლო ტექნიკური საშუალებებით. ჩვენს მიერ შესწავლილი რამდენიმე ასეული სამეცნიერო პუბლიკაციიდან, სამწუხაროდ არ იძებნება არც ერთი კვლევა საქართველოში გავრცელებული ტყემლის ნაყოფის ან წარმოების ანარჩენების შესახებ, არც ერთი ავტორი არ არის ქართული სამეცნიერო წრიდან. სამეცნიერო ტექნიკის სიმწირის გამო სრულად შეუსწავლეია ქვეყნის სინამდვილეში, მცენარეული ნედლეულის და მისი გადამამუშავებელ საწარმოთა ანარჩენების გამოყენების შესაძლებლობები. საქართველოს სინამდვილეში სრულიად შეუსწავლეია ტყემლის ნაყოფის ბიოაქტიური ნაერთები და მისგან მიღებული პროდუქტების (მათ შორის პრეპარატები) გამოყენების პერსპექტივები. მეორეს მხრივ ჩვენს მიერ გაცნობილი ლიტერატურა მოწმობს (რამდენიმე ათეული უახლესი პუბლიკაცია), რომ მცენარეული ნედლეულისა და გადამამუშავების ანარჩენების ვალორიზაციის საკითხი ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენებით, გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შესუსტების მიზნით ციკლური ეკონომიკის პრინციპების გამოყენება პრიორიტეტული საკითხია.

დღეისათვის შექმნილი სასურსათო უსაფრთხოების საკითხების გათვალისწინებით, აუცილებელია საქართველოს სინამდვილეში განსაკუთრებით ენდემური მცენარეების ექსტრაქციის მეთოდების ოპტიმიზაცია, ბიოაქტიური პრეპარატების მიღების ტექნოლოგიების შემუშავება, მათი ქიმიური შედგენილობის კვლევა

თანამედროვე მეთოდების მეშვეობით და მათი გამოყენების პერსპექტივების დადგენა.

შიდღება დავასკვნათ, რომ მიუხედავად ტყემლის და ტყემლის ნაყოფისგან მიღებული პროდუქტების პოპულარობისა, საქართველოს სინამდვილეში სრულად შეუსწაველია ტყემლის ნაყოფის ბიოაქტიური ნაერთები და მათგან მიღებული პროდუქტების ქიმიური შედგენილობა და გადამუშავების დროს მიმდინარე ცვლილებები.

**კვლევის მიზანი და ამოცანები.** საქართველოში გავრცელებული ტყემლის (*Prunus cerasifera* Ehrh) ველური ფორმების და კულტურული ჯიშების ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების (ფენოლური ნაერთების, ეთერზეთების, კურკის ლიპოიდური ნაერთების და სხვა) გამოყოფა და იდენტიფიკაცია, მათი რაოდენობრივი შემცველობის შესწავლა, ნედლეულის გადამუშავების ოპტიმალური პირობების დადგენა და მათგან ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებით მდიდარი პროდუქტების, კონცენტრატების და პრეპარატების მიღების ტექნოლოგიის შემუშავება. ტყემლის ნაყოფის გადამუშავებით მიღებული პროდუქტების ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ქიმიური შედგენილობის და ანტიოქსიდანტური აქტივობის დადგენა.

**მეცნიერული სიახლე** საქართველოს სინამდვილეში პირველად იქნება შესწავლილი ტყემლის ნაყოფის სრული ქიმიური შედგენილობა (სისტემური კვლევა ქრომატოგრაფირებით-HPLC-UV, Vis, RI, UPLC-MS, PDA GC, სპექტრალური ანალიზი, ინფრაწითელი სხივით ანალიზი და კვლევის კლასიკური ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით) ტყემლის ბიოაქტიური ნაერთების თვისობრივი და რაოდენობრივი შედგენილობა. შესაძლებელი გახდება ნაყოფის კომპლექსური გადამუშავების და გადამუშავების ნარჩენების ვალორიზაციის და გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების შესუსტების მიზნით ციკლური ეკონომიკის პრინციპების გამოყენებაზე დაფუძნებული ინოვაციური ტექნოლოგიების შემუშავება.

სხვა თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების გამოყენებით გამოყოფილი და იდენტიფიცირებული იქნა 5 ანტოციანი, 7 ფლავონოიდი და 5 ფენოლკარბონმჟავა. ტყემლის კურკისაგან მიღებული ცხიმზეთის შემადგენლობაში დაფიქსირებული იქნა **21 კომპონენტი**, ამათგან იდენტიფიცირებულია 13 კომპონენტი.

**ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა** - შესწავლილია ნაყოფის და მისი ტრადიციული ტექნოლოგიით გადამუშავებისას მიღებული პროდუქტების ბიოაქტიური ნაერთების შედგენილობა და მათი ბიოლოგიური აქტივობა. შერჩეულია ტექნოლოგიური მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ბიოაქტიური ნაერთების მაქსიმალურად შენარჩუნებას. წარმოების ანარჩენების ვალორიზაციის

მეთოდები მეწარმეებს საშუალებას მისცემს აწარმოონ ბაზარზე მოთხოვნადი ბიოლოგიურად აქტიური პროდუქტები და პრეპარატები.

**კვლევის ობიექტი, მასალა და მეთოდები:** ნაყოფებს ვიღებდით 2016-2021 წლებში სხვადასხვა თვეში ნაყოფის სამომხმარებლო სიმწიფის პერიოდში. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ტყემლის (ლათ. *Prunus cerasifera* Ehrh) ველური ფორმების და კულტურული ჯიშების ნაყოფები.

ტყემალი მრავალწლოვანი ხეხილოვანი მცენარეა ვარდისებრთა ოჯახის კურკოვანთა გვარის, ზოგჯერ ხისმაგვარი ბუჩქია, ძლიერ დატოტვილი, ეკლიანი ან უეკლო. ნაყოფს მომრგვალო, მობრტყო-მომრგვალო ან კვერცხისებრი ფორმა აქვს. ის ხარობს როგორც კულტივირებულ, ასევე არაკულტივირებულ ტერიტორიაზე. ქმნის სქელ ეკლოვან მასას, რომელიც შეიძლება ნაპოვნი იქნას გზებთან, არხებთან, წყალმარხ ადგილებში ქარის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

ნაყოფის ფერი ყვითელი, წითელი და იისფერია, ზოგჯერ თითქმის შავი. ნიადაგისადმი ნაკლებ მომთხოვნი, დაავადებებისადმი მედეგი, გვალვა და ყინვაგამძლეა. მოსავლიანობა ზრდასრული ხიდან 300 კგ-მდეა. მეხილეობაში იყენებენ ქლიავის, ატმისა და გარგარის საძირედ. ველურად და კულტურაში გავრცელებულია ბალკანეთში, შუა და მცირე აზიაში, ირანში, ამიერკავკასიაში და სხვა.



სურ1. ტყემალი *Prunus cerasifera* Ehrh

საქართველოში უძველესი დროიდან თითქმის ყველგანაა გავრცელებული ზღვის დონიდან 1600-1800 მეტრამდე სიმაღლეზე. ამჟამად დარაიონებული ჯიშებია გულდედავა, გაზაფხულის მერცხალი, წითელი დროშა, ქუთაისი, რიონი, ხვავიანი და სხვა.



სურ 2. გაზაფხულის მერცხალი (*Prunus cerasifera* 'Gazapkulis Merckhali' ადრეული ჯიშია, ნაყოფი თანაბრად მწიფდება 20 ივნისიდან.



სურ 3. მირაბელი სიმწიფეს აღწევს და იკრიფება ივლისიდან სექტემბრის შუა რიცხვებამდე



სურ 4. აჭარული ვარდისფერი (10/VIII - 25/VIII).



სურ 5. წითელი დროშა -ტყემლის ქართული ჯიშია, მიღებულია კლონური სელექციის გზით ნაყოფი მწიფდება ივლისის პირველ ნახევარში





სურ 6. ახალციხურა აგვისტო



სურ 7. აქანის უნგრულა. მწიფდება აგვისტოს შუა რიცხვებში.



სურ 8. ველური ტყემლი



სურ 9.ველური ტყემალი



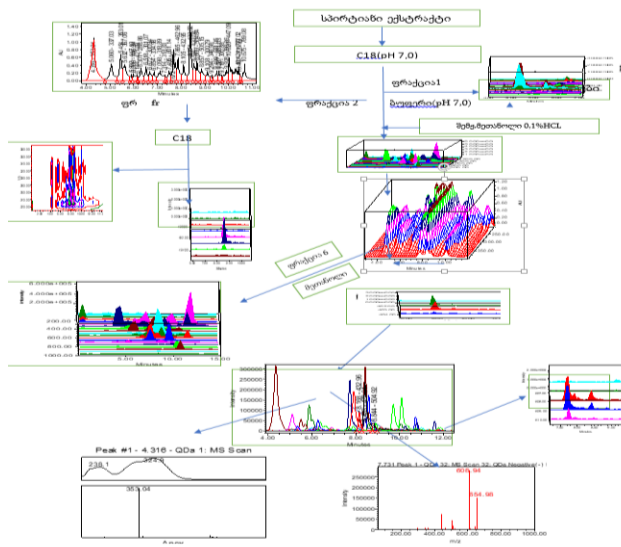
სურ 10. ველური ტყემალი

ტყემლის ნაყოფები წარმოშობის მიხედვით საკმაოდ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ველური ფორმები მცირე ზომის ნაყოფებს იძლევა განივი ჭრილით დაახლოებით 20 მმ-დე და გრძივი ჭრილით დაახლოებით 25 მმ-მდე, მაშინ როდესაც კულტურული ჯიშების ნაყოფები მწვანე ფოთოლა წითელნაყოფას შემთხვევაში 27 და 30 მმ-მდეა შესაბამისად, ხოლო წითელფოთლიანი წითელნაყოფა ფორმის შემთხვევაში კიდევ უფრო მეტი 35 და 37 მმ-მდეა. შესაბამისად განსხვავებული ნაყოფის მასა და მოცულობა. ველურ ფორმებში ნაყოფის მასა 6-8 გ-ია, ხოლო კულტურულ ჯიშებში ნაყოფის მასა 18-25 გ-ია (ცხრილი 1).

ტყემლის ნაყოფის ფიზიკური მახასიათებლები ცხრილი 1.

ნაყოფი	ფორმა	ფერი	გემო	ზომა (მმ)		მასა (გ)	მოცულობა (მლ)
				გრძივი ჭრილი	განივი ჭრილი		
გაზაფხულის მერცხალი (გონიო) 29.06	მომრგვალო, ოდნავ წაგრძელებული, მთელსიგრძეზე მქნევადარი	მოწითალო ოდნავ ვარდისფერი	მომჟა ვო-ტკბილი	27.4±0.82	25.6±0.76	10.4±0.41	10.0±0.3
მირაბელა (გონიო 31.07)	მრგვალი	ყვითელი	მოტკბო	36.63±1.17	37.37±1.19	25.34±0.96	26.0±0.83
აჭარული ვარდისფერი (ხულო03.08)	ოდნავ წაგრძელებული	მოწითალო-ვარდისფერი	მოტკბო-მომჟალო	31.24±1.06	28.49±0.96	13.46±0.48	13.46±0.45
წითელი დროშა (ხულო03.08)	მრგვალი, შესამჩნევი ღარით	მუქი ბორდოსფერი	მოტკბო-მომჟალო	35.9±1.22	32.7±1.11	18.7±0.63	19.0±0.68
წითელი დროშა (გონიო 05.08)	მრგვალი	წითელი	მოტკბო-მომჟალო	32.7±1.17	27.9±0.97	13.5±0.43	14.0±0.56
ახალციხურა 13.08	კვერცხისებური	მუქი წითელი	მოტკბო	22.89±0.80	23±0.82	7.1±0.21	7.0±0.21
აქანის უნგრულა(ქ.ბათუმი 16.08)	ოვალური	მოშავო-მოლურჯო სანთლისებრი ფიფქებით დაფარული	მომჟა ვო-მოტკბო	29.9±1.07	26.9±0.96	12.83±0.41	12,4±0.39
ველური წითელი ტყემალი(ხულო, დანისპარაული07.08)	მოგრძო	ბორდოსფერი	მოტკბო-მომჟალო	23.8±0.90	20.6±0.78	6.3±0.21	6,1±0.23
ველური,წითელი(ხულო24.09)	მოგრძო-მომრგვალო	წითელი	მომჟა ვომო ტკბო	26.4±1.05	27.4±1.09	10.2±0.35	10,0±0.35

ველური, მუქი წითელი (ხულო 24.09)	მოგრძო	მუქი წითელი	მოტკბო-მომჟაო	26.1±0.78	20.8±0.62	6.5±0.23	7.0±0.25
მუქი წითელი, ხულო, ღორჯომი, მთა მყვირალა, ველური	მრგვალი	მუქი წითელი	მოტკბო-მომჟავო	21.28±0.68	20.48±0.65	5.3±0.20	5.2±0.17



სქემა 1 ტყემლის ნაყოფის კვლევა

ტყემლის ნაყოფის ბიოაქტიური ნაერთების გამოყოფა და იდენტიფიკაცია

ნივთიერებების გამოყოფა და იდენტიფიკაცია განხორციელდა მაღალ ეფექტური სითხური (HPLC-UV, Vis, RI, Conductivity) და ულტრამაღალი ეფექტური სითხური მას-სპექტრალური ქრომატოგრაფირების (UPLC PDA-MS) მეთოდით; ნაერთების (საერთო ფენოლები, ფლავონოიდები, ანტოციანები, კაროტინოიდები, პექტინი)

რაოდენობრივი შემცველობა და ანტიოქსიდანტური აქტივობა განისაზღვრა სპექტრალური მეთოდით; კვლევისას გამოყენებული ყველა გამსხნელი (მეთანოლი, აცეტონიტრილი, ჭიანჭველმჟავა, იყო ქრომატოგრაფიულად სუფთა მასსპექტისათვის (Merk, Germany).

1. ინდივიდუალური ნაერთების გამოყოფა შერჩევითი ექსტრაქციით და პრეპარატული ქრომატოგრაფირებით (HPLC-UV, Vis).
2. ანტოციანების, ფლავონონ გლიკოზიდების და ფენოლკარბონმჟავების იდენტიფიკაცია მაღალეფექტური და ულტრა მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფირების HPLC-UV, Vis, RI, UPLC-PDA, MS მეთოდით.
3. ფენოლური ნაერთების რაოდენობრივი შესწავლა HPLC-UV, Vis, UPLC-PDA, MS ქრომატოგრაფიის მეთოდით.
4. კათიონების თვისობრივი და რაოდენობრივი განსაზღვრა HPLC—Conductivity methods.
5. ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრა (2,2-დიფენილ-1-პიკრილ იდრაზილისსტაბილურიადიკალის გამოყენებით) DPPH მეთოდით.
6. ფლავონოიდების რაოდენობრივი განსაზღვრა სპექტრალური მეთოდით (AIC<sub>1</sub> -ის რეაქტივი, რუთინზე გადაანგარიშებით).
7. საერთო ფენოლების რაოდენობის განსაზღვრა ფოლინ-სიოქალტეუს მეთოდით (Folin-Ciocalteu) (გალის მჟავაზე გადაანგარიშებით);
8. ლიპიდური კომპლექსის განსაზღვრა აირ-ქრომატოგრაფიული (GC)მეთოდით (GC Thermo).

სამუშაოს აპრობაცია - კვლევის შედეგები ასახულია 3 სამეცნიერო სტატისა და 4 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალებში.

გამოყენებული სამეცნიერო შრომები:

1. JeiranPutkaradze, Mzia diasamidze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia/ Antioxidant Activity of Prunus cerasifera products// <http://www.crdeepjournal.org/wp-content/uploads/2021/06/Vol-10-3-2-IJLS.pdf>, 2022;
2. JeiranPutkaradze, Mzia diasamidze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia/ The Waste Obtained From The Processing Of Tkemali Fruits And Our Living Environment <https://mpe.openjournals.ge/index.php/mpe/article/view/6014>, 2022;
3. Maia Vanidze, JeiranPutkaradze, Nona Surmanidze, Inga Kartsivadze, Indira Djaparidze, Aleko Kalandia/ ANTIOXIDANTS OF INTRODUCTORY AND ENDEMIC PLANTS IN GEORGIA// [https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as\\_sdt=0%2C5&q=Antioxidants+of+introductory+and+endemic+plants+in+georgia&btnG=20.17](https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Antioxidants+of+introductory+and+endemic+plants+in+georgia&btnG=20.17)
4. JeiranPutkaradze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia/ BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS OF PRUNE FRUITS AND PRODUCTS OBTAINED FROM THEM// American Chemecal Society 2022
5. JeiranPutkaradze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia/ Chemical composition of Prunus sort «red flag» fetus and its derivative products// გამოყენებითი ბიოტექნოლოგიის მე-2 საერთაშორისო სკოლა-სემინარი, 2019
6. ჯეირან ფუტკარაძე, მაია ვანიძე, ალექო კალანდია, რუსლან დავითაძე/ Prunus cerasifera Ehrh ზოგიერთი ველური და კულტურული ფორმის ლიპიდური ნერთები// საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მიერ ორგანიზებულ, აკადემიკოს გივი ცინცაძის დაბადებიდან 90 წლისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო - სამეცნიერო- კონფერენცია „ქიმია-მიღწევები და პერსპექტივები“ 2023.

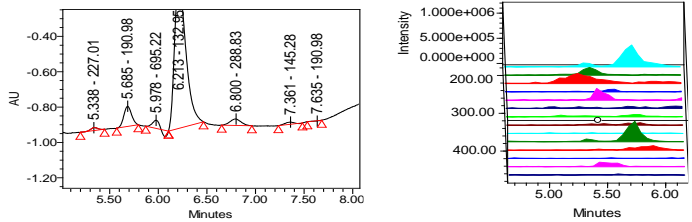
**დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა** - დისერტაცია შედგება 118 ნაბეჭდი გვერდისაგან, დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის გაფორმების ინსტრუქციის მიხედვით და მოიცავს სატიტულო და ხელმოწერების გვერდებს, შინაარსს, სურათს 67, ცხრილის ნუსხას 20, დიაგრამას 14, სქემას 3 და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას - 145 ერთეულს. ძირითადი ტექსტის შემადგენლობაშია: შესავალი, ლიტერატურული მიმოხილვა, შედეგების განსჯა, ექსპერიმენტული ნაწილი, დასკვნა და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალი.

**ლიტერატურული მიმოხილვა** - ნაშრომის პირველ თავში განხილულია მცენარის შედგენილობაში შემავალი ბიოაქტიური ნერთები, მათი ბიოსინთეზის ასპექტები და მცენარე Prunus-ის ნაყოფის ბიოაქტიური ნერთები- ფლავონონ გლიკოზიდები, ფენოლური ნერთების გავრცელება მცენარეებში, მათი

ფიზიოლოგიური აქტივობა და დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული ტყემლის ბიოლოგიური დახასიათება. დისერტაციას თან ახლავს გამოყენებული ლიტერატურის სია.

**თავი 2. ტყემლის ნაყოფის ორგანული მჟავებისა და ნახშირწყლების HPLC-UV, IR, UPLC PDA-MS მეთოდებით კვლევა**

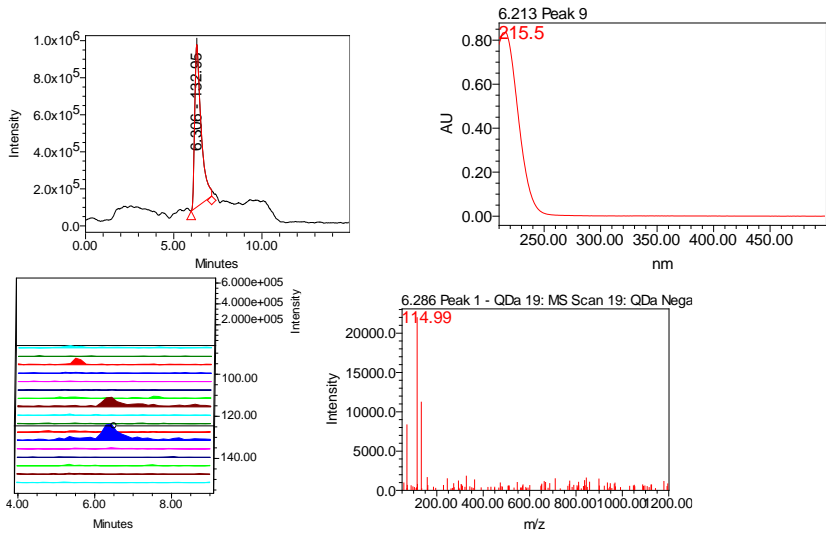
ტყემლის ნაყოფის ექსტრაქტების კონცენტრატების მყარფაზიანი ექსტრაგირებას ვახდენდით სვეტზე SPE-C18 (Waters). გააქტიურებულ სვეტში ნიმუშების შეტანის შემდეგ მიღებული ელუანტები ძირითადად შეიცავს ორგანულ მჟავებს და ნახშირწყლებს. ორგანული მჟავების იდენტიფიკაცია ჩატარდა UPLC PDA-MS ქრომატოგრაფირების მეთოდებით. გამოყენებული იქნა ანალიზური სვეტი (Phenyl 3.5µm, 4.6 x 150mm), გამხსნელთა სისტემა 0.1 % დიონიზირებული წყალი, აცეტონიტრილი (Acetonitrile) გარდიენტში. როდენობრივი ანალიზისათვის გამოყენებული იქნა ქრომატოგრაფიული მეთოდი UV-Vis 2489 დეტექტორით. ხოლო ნახშირწყლების როდენობრივი შემცველობის კვლევისათვის გამოყენებული იქნა მაღალ ევექტური სითხური ქრომატოგრაფირება (HPLC)- Waters (RI დეტექტორი, Binary HPLC Pump 1525).



სურ. 1 ტყემლის ნაყოფის ექსტრაქტების UPLC-PDA-MS სპექტრი

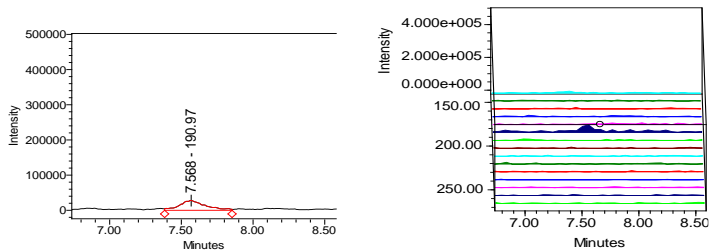
ნივთიერებათა იდენტიფიკაციისა და როდენობრივი ანალიზისათვის გამოყენებული იქნა ჩვენს ხელთ არსებული სტანდარტული ნაერთები (ლიმონის, ვაშლის, ღვინის მჟავები, გლუკოზა, ფრუქტოზა და საქაროზა) საკალიბრო მრუდები იქნა აგებული და ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზა, ასევე რეგენზირებული ლიტერატურული გამოცემების მონაცემები.

ნივთიერება 1-[M-H - ] - m/z 132.93 დომინანტი ნაერთია. მისი ფრაგმენტაციის შედეგი ფსევდო ნაერთია m/z 114.99. შეკავების დრო 6.286 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 215.5 nm. სტანდარტულ ნაერთთან (ვაშლმჟავა Malic acids (Sigma-Aldrich) და METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 1 შეესაბამება ვაშლმჟავას (Malic acids).

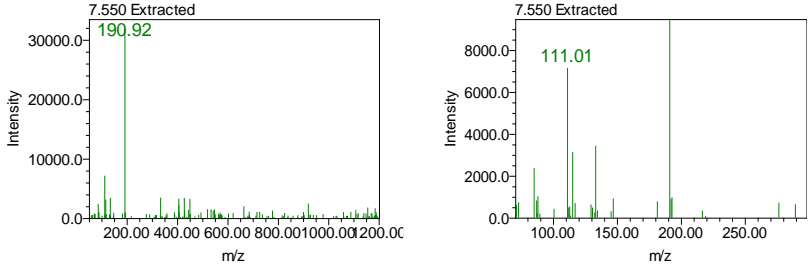


სურ. 2. ნოვითერება 1--ის UPLC-PDA-MS სპექტრი  $m/z$  132.95

ნოვითერება 2  $-[M-H]^-$  -  $m/z$  190.93 ფრაგმენტაციის შედეგი  $m/z$  111 პიკია. შეკავების დრო 7.568 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 210.7 nm. სტანდარტულ ნაერთთან და METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნოვითერება 2 შეესაბამება ლიმონის მჟავას

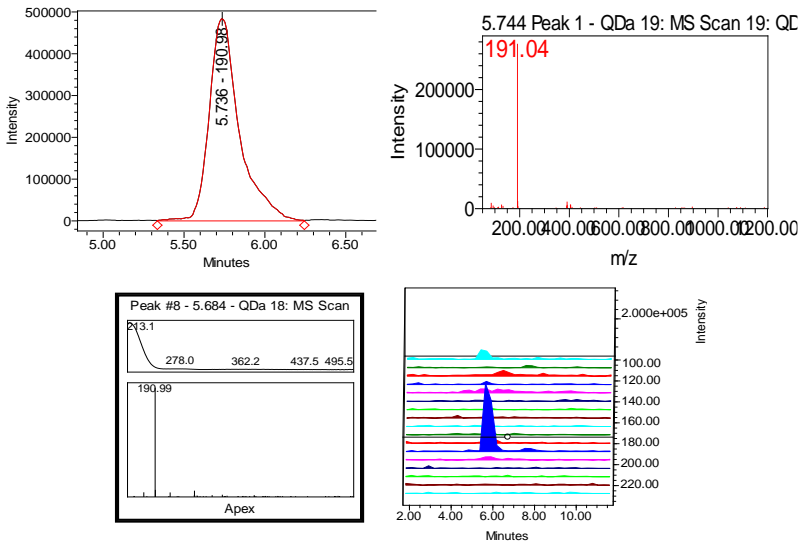






სურ. 3. ნივთიერება 2--ის UPLC-PDA-MS სპექტრი m/z 190.97

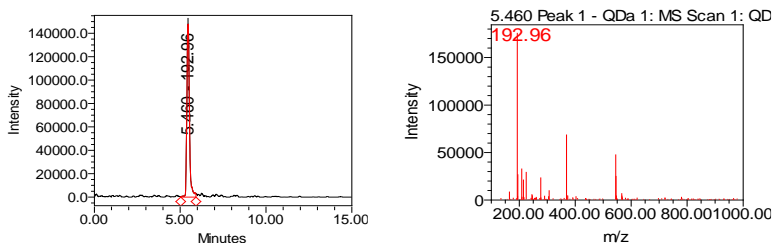
ნივთიერება 3 -[M-H - ] - m/z 190.98 ფრაგმენტაციის შედეგი m/z არ ჩანს. შეკავების დრო 5.744 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 213.1 nm. სტანდარტულ ნაერთთან და METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 3 შეესაბამება ქინაქინის მჟავას (Quinic acids) (C<sub>7</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)



სურ. 4 ნივთიერება 3--ის UPLC-PDA-MS სპექტრი m/z 190.99

ნივთიერება 4 [M-H - ] - m/z 192.96 ტყემლის პექტინის ჰიდროლიზის შემდეგ ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 5,460, შთანთქმის მაქსიმუმი უ.ი. სპექტრში არ ჩანს. METLIN (<https://metlin.scripps.edu>) ნაერთების მასების ბაზის

შესაბამისად ნივთიერება 4 შეესაბამება გალაქტურონის მჟავას, მოლეკულური მასით 194.14 გ / მოლი ( $\alpha$ -D-Galacturonic acid C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>).

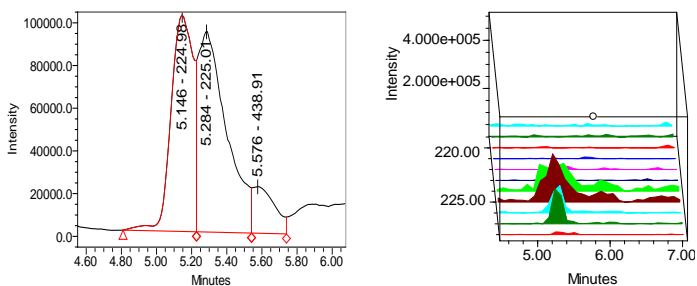


სურათი 5 ნივთიერება 3-ის UPLC-MS სპექტრი

ტყემლის წვენში იდენტიფიცირებული იქნა 4 კარბონმჟავა: ვაშლმჟავა, ქინაქინის მჟავა, ლიმონმჟავა და გალაქტურონის მჟავა.

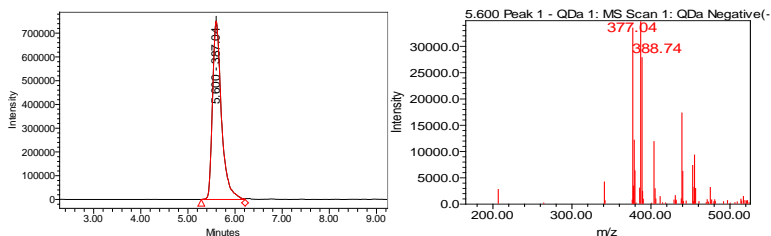
ნივთიერება 5 -[M-H<sup>-</sup>] - m/z 179.06, მაგრამ აქვე ჭიანჭველმჟავას მიერთების შედეგად წარმოიქმნება ფსევდო მოლეკულა m/z+F.A. 224.98. ქრომატოგრამაზე შეკავების დრო 5.146 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV სპექტრზე არ ჩანს. სტანდარტულ ნაერთთან და METLIN ნაერთების მასების ბაზის შედარებით, ნივთიერება 5 შეესაბამება გლუკოზას.

ნივთიერება 6 -[M-H<sup>-</sup>] - m/z 178.92, მაგრამ აქვე ჭიანჭველმჟავას მიერთების შედეგად წარმოიქმნება ფსევდო მოლეკულა m/z+F.A. 225.01, ხოლო ქლორის იონთან მიერთების შედეგად წარმოიქმნება m/z+Cl 214.87. შეკავების დრო 5.284 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV სპექტრზე არ ჩანს. სტანდარტულ ნაერთთან და METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 6 შეესაბამება ფრუქტოზას.



სურ. 6. ნივთიერება 5 და 6-ის UPLC-MS სპექტრი

ნივთიერება 7 -[M-H - ] - m/z 341.10, მაგრამ აქვე ჭიანჭველმჟავას მიერთების შედეგად წარმოიქმნება ფსევდო მოლეკულა m/z+F.A. 387.04, ხოლო ქლორის იონთან მიერთების შედეგად წარმოიქმნება m/z+Cl 377.04. შეკვების დრო 5.600 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV სპექტრზე არ ჩანს. სტანდარტულ ნაერთთან და METLIN ნაერთების მახების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 7 შეესაბამება საქაროზას.



სურ. 7 ნივთიერება 7-ის UPLC-MS სპექტრი m/z 387.04

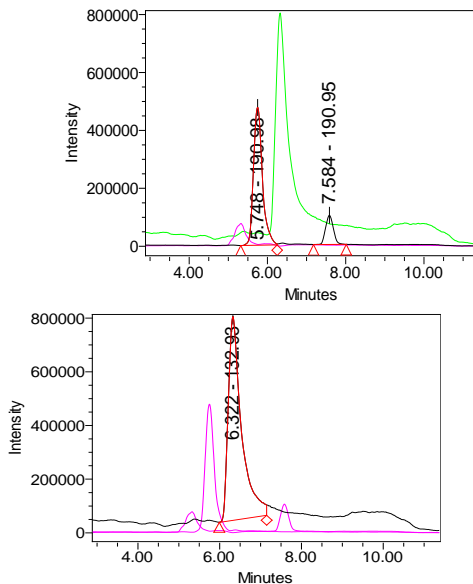
ტყემლის წვენში იდენტიფიცირებული იქნა 3 დომინანტი ნახშირწყალი: გლუკოზა, ფრუქტოზა და საქაროზა.

### ორგანული მჟავების კვლევა HPLC-ის მეთოდით

კარბომჟავების იდენტიფიკაციის შემდეგ მაღალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფირების მეთოდით წვენებში განსაზღვრულ იქნა დომინანტი ნივთიერების ვაშლმჟავას, ასევე L- ასკორბინის მჟავას და ლიმონმჟავას შემცველობა. ქრომატოგრაფირებისათვის ნიმუშები მომზადდა შემდეგი წესით; პექტინის დასაღებად ნაყოფის წვენს 1:1 თანაფარდობით ემატება ეთანოლი (96%-იანი). ცენტრიფუგირების შემდეგ ნიმუში 1:1 თანაფარდობით ერევა მოძრავ ფაზას-0,1% ფოსფორმჟავას. ინჯექტირებამდე ნიმუში ფილტრებოდა 0,45 მკრ ზომის ფილტრში. ქრომატოგრაფიული ანალიზი მიმდინარეობდა UV-Vis 2489 დეტექტორით L- ასკორბინის მჟავასათვის 254 ნმ-ზე, ლიმონმჟავასათვის 214 ნმ-ზე, დაყოფისათვის გამოყენებულ იქნა Shodex -ის ფორმის სვეტი - KC - 811 და მოძრავ ფაზას წარმოადგენდა 0,1% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. ასევე რაოდენობრივი ანალიზისათვის გამოყენებული იქნა UPLC -MS დეტექტირება.

კარბონ მჟავათა რაოდენობრივი გაანგარიშება ხორციელდება საკალიბრო მრუდის მეშვეობით, ნიმუშის მომზადებისას გამოყენებული განზავებების გათვალისწინებით.

დასახელება	დრო	R	R <sup>2</sup>	სტანდარტული გადახრა	განტოლება	X-axis	Y-axis	ერთ.
1 მჟაუნმჟავა	2.337	0.997572	0.995150	4.046815e+004	Y = 1.48e+007 X + 1.28e+004	Amount	Area	g/L
2 ღვინის მჟავა	2.635	0.999497	0.998994	2.405589e+004	Y = 3.46e+006 X + 9.82e+003	Amount	Area	g/L
3 ვაშლმჟავა	3.108	1.000000	1.000000	0.000000e+000	Y = 3.97e+006 X + 5.82e-011	Amount	Area	g/L
4 L-ასკორბინის მჟავა	3.446	0.999994	0.999987	4.102706e+003	Y = 2.86e+007 X + 1.67e+003	Amount	Area	g/L
5 ლიმონის მჟავა	5.130	0.999894	0.999789	6.100186e+003	Y = 2.02e+006 X + 2.49e+003	Amount	Area	g/L



სურათი 8. ტყემლის წვენის ორგანული მჟავების საერთო ქრომატოგრამა სხვადასხვა ჯიშის ტყემლის ნაყოფის წვენში ორგანულ მჟავათა შემცველობა ცხრილი 3

ნიმუშის დასახელება	ქვინის მჟავა Quinic acid %	ლიმონმჟავა Citric acid %	ვამლმჟავა Malic acid %	ტიტრული მჟავიანობა, %
ახალციხურა. ქედა	0.78±0.023	0.01±0.0003	2.18±0.065	3.3±0.099
აჭარული ვარდისფერი. გონიო	0.64±0.020	0.03±0.0009	2.21±0.070	3.2±0.102
წითელი დროშა გონიო	0.48±0.016	0.06±0.0002	2.52±0.085	3.4±0.115
გაზაფხულის მერცხალი	1.04±0.037	0.02±0.0007	2.10±0.079	3.5±0.126
მირაბელა	0.42±0.015	0.09±0.003	2.55±0.096	3.4±0.129
წითელი დროშა.ხული	0.53±0.021	0.03±0.001	2.32±0.092	3.2±0.112
ველური.წითელი მწვანე ფოთლით	0.78±0.023	0.01±0.0003	2.18±0.065	3.3±0.099

ჩვენს მიერ შესწავლილ ყველა შემთხვევაში ორგანულ მჟავათა საერთო რაოდენობა (ტიტრული მჟავიანობა) საკმაოდ მაღალია და 3.2 %-დან 5.5 %-მდეა. ყველა შემთხვევაში დომინანტი მჟავა ვამლმჟავაა (1.89%-დან 2.59%-მდე). ორგანული მჟავების შემცველობის მე-5-ზე მეტი ქვინის (ქინაქინის) მჟავაზე მოდის (0.8%-დან 1.06%-მდე). რაოდენობრივად ყველაზე მცირე ტყემლის ნაყოფში ლიმონის მჟავა (0.01%-დან 0.06%-მდე).

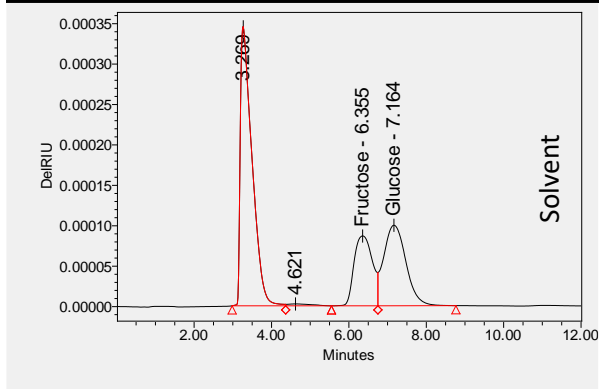
### ტყემლის წვენის ნახშირწყლების კვლევა HPLC-ის მეთოდით

ნახშირწყლების რაოდენობრივი შემცველობის კვლევისათვის გამოყენებული იქნა მაღალ ეფექტური სითხური ქრომატოგრაფირება (HPLC)- 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. ქრომატოგრაფირებისათვის ნიმუშები მომზადდა შემდეგი წესით: პექტინის და სხვა კოლოიდური ნაერთების დასალექად წვენს 1:1 თანაფარდობით ვამატებდით 96%-იან ეთანოლს. ცენტრიფუგირების შემდეგ ნიმუშს 1:1 თანაფარდობით ვურევდით მომრავ ფაზას-80 %-იან აცეტონიტრილს. ინექტირებამდე ნიმუში იგილტრებოდა 0,45მკრ ზომის ფილტრში. ტყემლის ჯიშებში (წვენში) ნახშირწყლებიდან რაოდენობრივად განსაზღვრული იქნა დომინანტი გლუკოზა, ფრუქტოზა და საქაროზა.

ნახშირწყლების რაოდენობრივი გაანგარიშება განვახორციელეთ საკალიბრო მრუდის მეშვეობით, ნიმუშის მომზადებისას გამოყენებული განზავებების გათვალისწინებით.

ნახშირწყლების საკალიბრო მრუდების აღწერა ცხრილი 4

	Name	Time	R	R^2	Standard Error	Equation
1	Fructose	4.344	0.999791	0.999582	1.577167e+004	$Y = 4.36e+005 X + 6.44e+003$
2	Glucose	5.351	0.999930	0.999860	2.187388e+004	$Y = 8.71e+005 X + 8.93e+003$
3	Sucrose	7.236	0.999894	0.999788	2.178549e+004	$Y = 8.47e+005 X + 8.89e+003$
4	Maltose	8.640	0.999877	0.999753	1.705166e+004	$Y = 6.14e+005 X + 6.96e+003$



სურათი 9. ტყემლის წვენის ნახშირწყლების საერთო ქრომატოგრამა

ტყემლის წვენში ნახშირწყლების შემცველობა ცხრილი 5

	დასახელება	ფრუქტოზა მგ/მლ	გლუკოზა მგ/მლ	საქაროზა მგ/მლ	შაქრების ჯამი, მგ/მლ	brix
1	გაზაფხულის მერცხალი	1,4805±0.044	6,1155±0.207	0,018±0.0007	7,614±0.274	8,30±298
2	მირაბელა	1,701±0.054	6,767±0.236	0,2475±0.007	8,7155±0.305	9,6±0.336
3	აჭარული ვარდისფერი	1,5345±0.052	7,182±0.272	1,282±0.044	9,9985±0.319	10,5±0.339
4	წითელი დროშა.ხულო	0,4815±0.017	4,707±0.188	7,4115±0.281	12,6±0.453	12,7±0.406
5	წითელი დროშა გონიო	1,9035±0.072	6,29±0.201	0,774±0.024	8,9675±0.3587	9,9±0.336
6	ველური ტყემალი.გონიო	0,161±0.006	1,503±0.051	10,2735±0.359	11,9375±0.358	12,2±0.427
7	ახალციხურა	0,459±0.013	4,1895±0.150	5,534±0.199	10,1825±0.325	10,96±0.328

8	წითელი ველურ ტყეშალი, ხულო	2,493±±0.079	5,497±0.208	1,7325±0.065	9,7225±0.330	10.7±0.374
---	----------------------------	--------------	-------------	--------------	--------------	------------

ტყემლის ნაყოფში, როგორც წესი, დომინანტი ნახშირწყალი გლუკოზაა (6,7%-მდე), მისი შემცველობა თითქმის 2-ჯერ აღემატება ფრუქტოზის (2,5%-მდე) შემცველობას, ხოლო საქაროზა კი სხვადასხვა ჯიშში და ფორმამი განსხვავებულია. წითელფოთოლა წითელნაყოფა ჯიშებისათვის, მიუხედავად ნიმუშის აღების ადგილისა, დამახასიათებელი აღმოჩნდა საქაროზის მაღალი შემცველობა (60%-ზე მეტი).

ტყემლის ნაყოფის საერთო მჟავიანობა, ნახშირწყლები და შაქარ/მჟავა ინდექსი ცხრილინ

№	ნიმუშის დასახელება მწიფე ნაყოფი	ტიტრული მჟავი ანობა	ნახშირწყლების ჯამი	შაქარ/მჟავა ინდექსი
1	გაზაფხულის მერცხალი	3.2±0.096	7,614±0.228	2.38±0,11
2	ჩობატაური, ჯვარცხმა, წითელი ტყეშალი	3.5±0.112	11,412±0.365	3,27±0.16
3	მირაბელა	3.3±0.118	9,7155±0.3303	2.94±0,14
4	აჭარული ვარდისფერი	3.2±0.121	9,9985±0.349	3.12±0,15
5	წითელი დროშა, ხულო	3.4±0.129	12,6±0.453	3.70±0,18
6	წითელი დროშა, გონიო	3.3±0.132	9,9675±0.378	3.02±0,15
7	წითელი ველური ტყეშალი, ხულო	3.2±0.102	11,9375±0.453	3.73±0,19
8	ახალციხურა	3.3±0.112	10,1825±0.346	3.39±0,17
9	წითელი ველური ტყეშალი.ლიკანი	3.2±0.115	20,7225±0.621	6.47±0,32

კარბონ მჟავათა შემთხვევაში რაოდენობრივი თვალსაზრისით დომინანტი აღმოჩნდა ვაშლმჟავა, რომელიც ყველა შემთხვევაში ორგანულ მჟავათა მთლიანი შემცველობის 65%-ს აღმატებოდა. ქვინის მჟავას მაჩვენებელი 0,5-დან 1,0%-მდე მერყეობს. რაც შეეხება ლიმონის მჟავას ორგანულ მჟავათა საერთო რაოდენობის მხოლოდ 3-4%-მდეა და მისი შემცველობა 0,01%-დან 0,09%-მდე მერყეობს (ნედლი მასის).

ნაყოფის მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური მახასიათებელი შაქარ/მჟავა ინდექსი საკმაოდ დაბალია და იშვიათად აღმატება 3-ს.

## **თავი 2. ტყემლის ზოგიერთი ფენოლური ნაერთის UPLC PDA-MS დეტექტორით კვლევა**

ტყემლის ნაყოფის ექსტრაქტების მომზადება ხდებოდა სქემის მიხედვით. ქრომატოგრაფიულ დაყოფამდე ვახდენდით ნიმუშის მომზადებას ქრომატოგრაფირებისათვის მყარ ფაზოვანი ექსტრაქციით (Waters), რაც მოიცავს ნიმუშის დატანას სვეტზე (SPE-C18) ნიმუშების დატანამდე ვახდენდით სვეტის აქტივაციას მეთანოლით. შემდეგ გააქტიურებულ სორბენტს ვაწონასწორებდით გამობდილი წყლით. მხოლოდ ამის შემდეგ დაგვქონდა კატრიჯზე ნიმუში ვაკუუმის მეშვეობით. შემდეგ ეტაპზე ვახდენდით სორბენტიდან წყლით ელუირებადი ნაერთების მიღებას და საჭიროების შემთხვევაში კონცენტრირებას. არა ანტოციანური ფენოლური ნაერთების ელუირებას ვახდენდით ეთილაცეტატით (შემდგომი კონცენტრირება ვაკუუმში ამოშრობამდე) და ანტოციანების ელუირებას 0.1%-იანი მარილმჟავათი შემყავებული მეთანოლით. ინდივიდუალური ნაერთების გამოსაყოფად გამოყენებული იქნა სვეტის და მაღალეფექტური პრეპარატული სვეტით ქრომატოგრაფირება (Waters C18 10 მმ x 250 მმ) ულტრაიისფერი და ხილული არის დეტექტირებით. ინდივიდუალური ნაერთების იდენტიფიკაცია კი ხდებოდა ულტრა ეფექტური სითხური ქრომატოგრაფირებით (UPLC) ფოტოდიოდური მატრიცის (PDA) და მას (MS) დეტექტორებით. ნაერთების რაოდენობრივ ანალიზს ვატარებდით UPLC-PDA-MS, HPLC-UV, Vis დეტექტირების გამოყენებით.

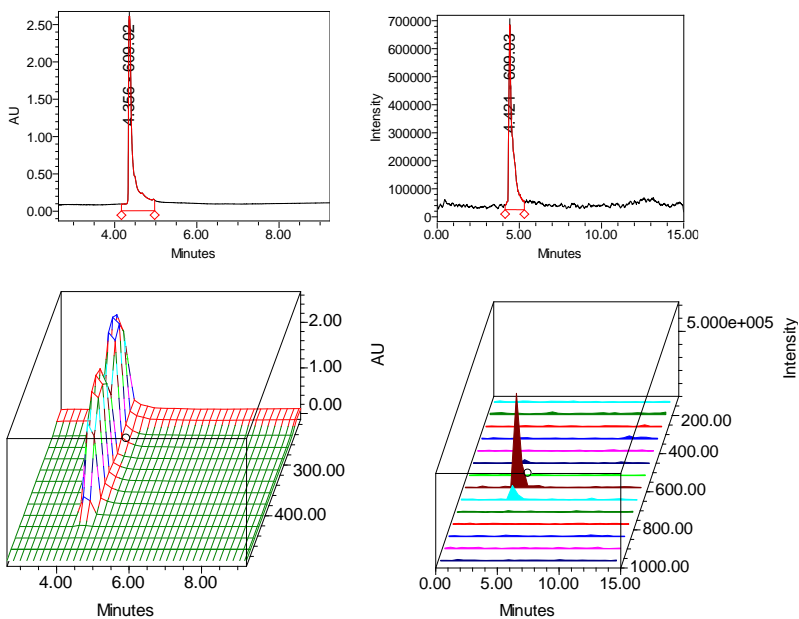
ნაერთების იდენტიფიკაციისათვის მნიშვნელოვანია მათი ფრაგმენტაცია და ასევე მათი მასების ცვლილება (იონთა მიმატების ხარჯზე) და შთანთქმის მაქსიმუმების მნიშვნელობა UV არეში.

ნივთიერებათა იდენტიფიკაციისა და რაოდენობრივი ანალიზისათვის გამოყენებული იქნა ჩვენს ხელთ არსებული სტანდარტული ნაერთები (რუთინი და

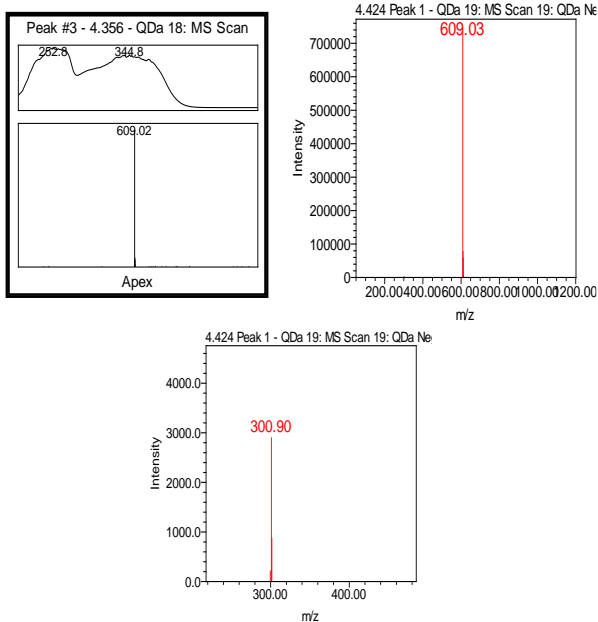


ქლოროგენის მყავა-Sigma-Aldrich) და ნივთიერებათა მასის <https://metlin.scripps.edu> თავისუფალი ბაზა, ასევე რეცენზირებული ლიტერატურული გამოცემების მონაცემები. შესაძლებელი გახდა რამდენიმე ნაერთის იდენტიფიკაცია.

სურათი: სტანდარტული რუთინის UPLC-PDA-MS სპექტრი

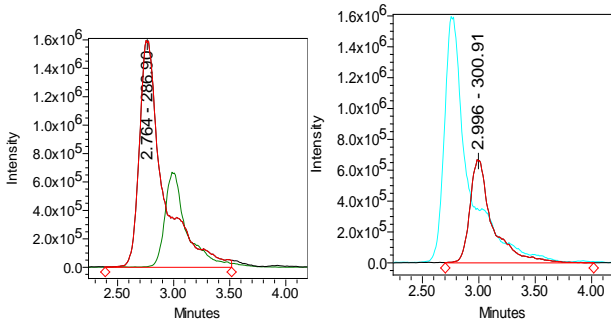


სურათი 10. სტანდარტული რუთინის UPLC-PDA-MS საერთო ქრომატოგრამები და მათი 3D ფორმატი

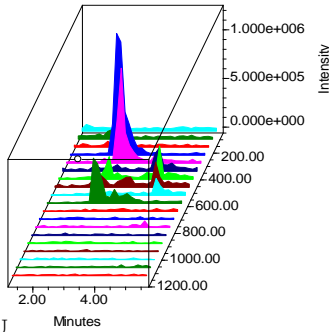


სურათი 11. სტანდარტული რუთინის UPLC-PDA-MS  $\lambda_{max}$  -344.8; M/Z (M-H) 609.03 (fr 300.9).

ქრომატოგრამაზე (სურ.11) სულ მცირე 3 დომინანტი ნაერთი და 3 თანაური ნაერთი ჩანს. ნაერთების იდენტიფიკაციის ჩატარებამდე მოვახდინეთ დომინანტი ნაერთების გამოსაყოფად ქრომატოგრაფირება HPLC -UV-Vis მეთოდით პრეპარატიული სვეტების (Waters C18 10X250 mm 5.0  $\mu$ m) გამოყენებით. მიღებული იქნა 3 ძირითადი ნაერთების ფრაქცია, რომელთა ქრომატოგრაფირება დადებითი იონიზაციით 2 დომინანტ ნაერთს აგლიკონებს M/Z (M+H)-286.90 და M/Z (M+H) 300.91 გვაძლევს (სურ.12)

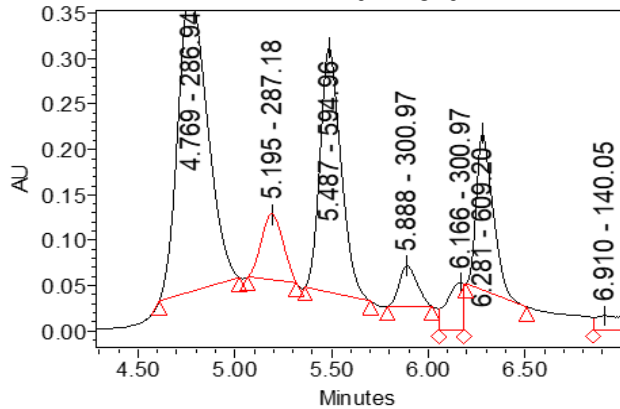


სურათი 12. ფრაქცია

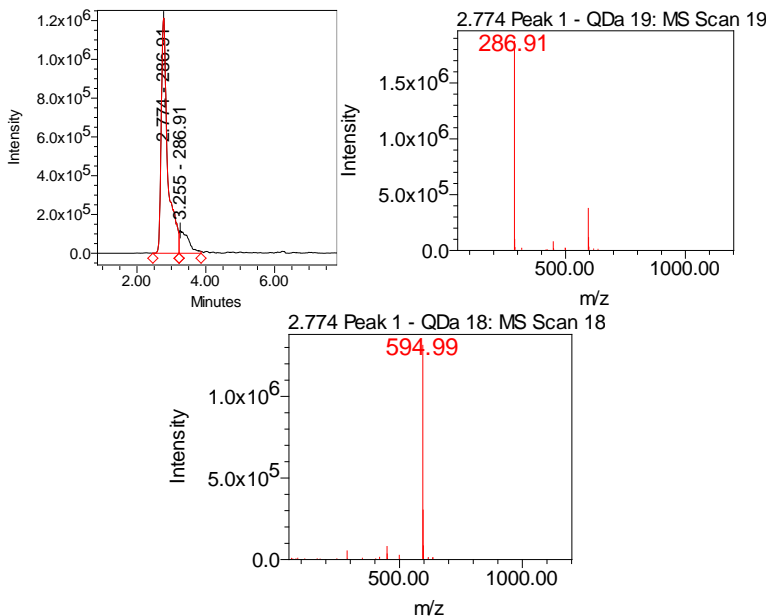


3 U

PLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H).

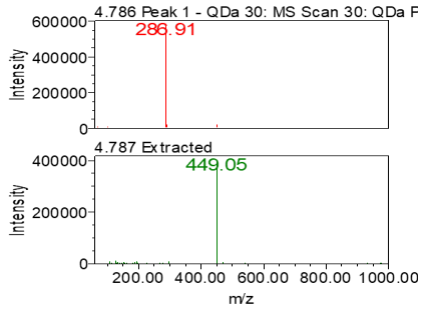
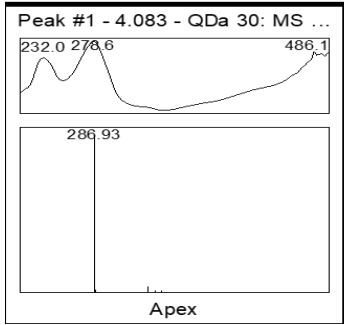


სურათი 13. ფრაქცია 3 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).



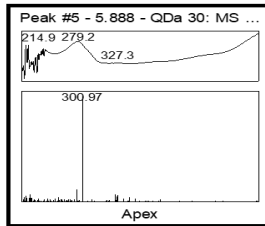
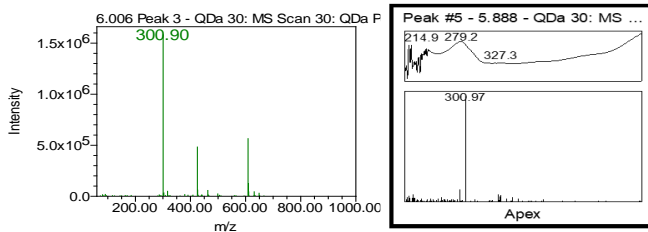
სურათი 14. ფრაქცია 3 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H).

ნივთიერება 8 [M+H] - m/z 289.90 (M-H-284.91) ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 2.764, შთანთქმის მაქსიმუმით 279.8 ნმ და 500ნმ-ზე მეტი (სამწუხაროდ PDA ვერ უზრუნველყოფს 500 ნმ-ზე მეტ ჩვენებას, მაგრამ გამოყენებული იქნა ფრაქციათა სკანირება სპექტროფოტომეტრზე (Mettled Toledo UV 5 Bio), სადაც ჩვენება 519 ნმ. სხვა შემთხვევებშიც ნაჩვენებია იქნება ამ გზით მიღებული შედეგები). მიღებული შედეგების, ასევე METLIN (<https://metlin.scripps.edu>) ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 8 შეესაბამება ციანიდინს, მოლეკულური მასით 287.24 გ / მოლი (1-Benzopyrylium, 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-, chloride; 2-(3,4-Dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-1-benzopyrylium) ( $C_{15}H_{11}O_6$ ).



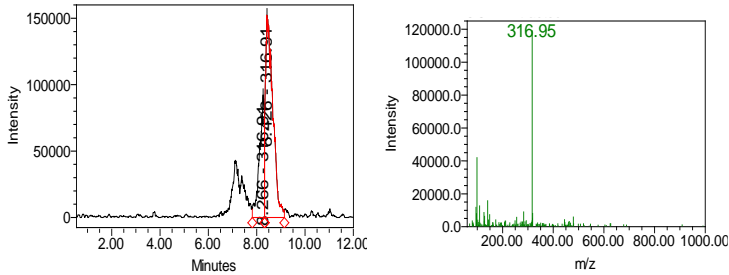
სურ15. UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H).

ნივითერება 9 [M+H] - m/z 300.91 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 2.764წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 282,95მ და 518.35მ. მიღებული შედეგების, ასევე METLIN (<https://metlin.scripps.edu>) ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივითერება 9 შეესაბამება პეონიდინს, მოლეკულური მასით MW: 301.27გ/მოლი (2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)chromenylium-3,5,7-triol) ( $C_{16}H_{13}O_6^+$ ).



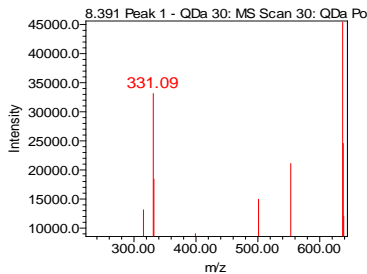
სურ. 16. UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H).

ნივითერება 10 [M+H] - m/z 316.95 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 8.511წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 282,85მ და 518.3 ნმ. მიღებული შედეგების, ასევე METLIN (<https://metlin.scripps.edu>) ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივითერება 10 შეესაბამება პეტუნიდინს, მოლეკულური მასით MW: 317.065 გ/მოლი (2-(3,4-Dihydroxy-5-methoxyphenyl)-3,5,7-trihydroxychromenium) ( $C_{16}H_{13}O_7^+$ ).



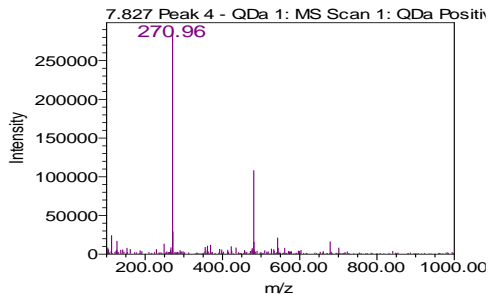
სურ.17. UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H).

ნივთიერება 11. [M+H] - m/z 331.95 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 8.391 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 282,7ნმ და 518.4ნმ. მიღებული შედეგების, ასევე METLIN (<https://metlin.scripps.edu>) ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 10 შეესაბამება პეტუნინდინს, მოლეკულური მასით MW: 331.081 გ/მოლი (2-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)chromenylium-3,5,7-triol) (C<sub>17</sub>H<sub>13</sub>O<sub>7</sub>).



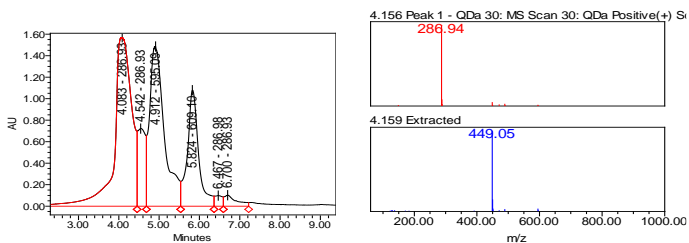
სურ. 18. UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H).

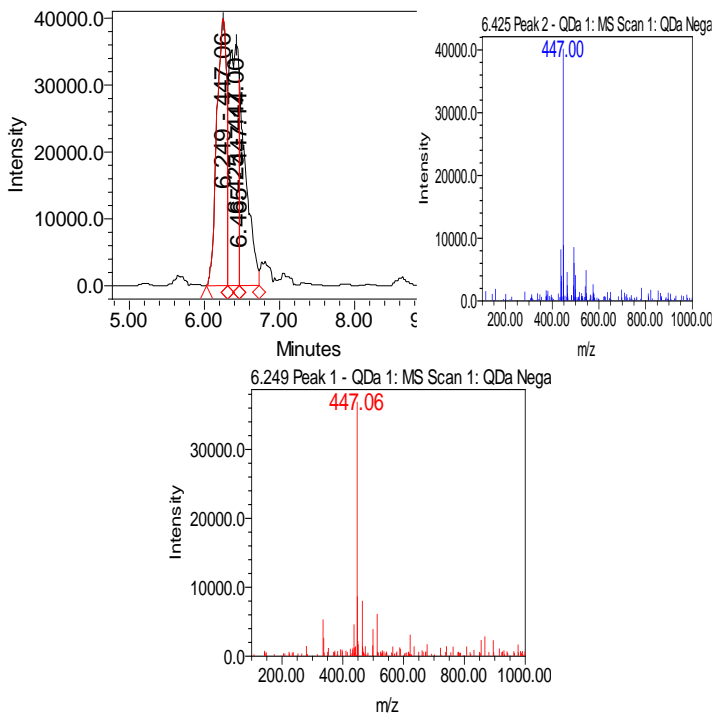
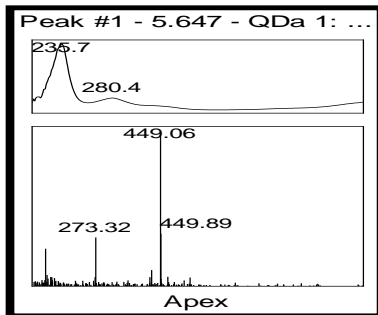
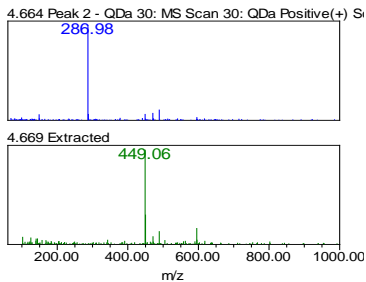
ნივთიერება 12 [M+H] - m/z 331.95 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 8.391 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 282,7ნმ და 518.4 ნმ, მიღებული შედეგების, ასევე METLIN (<https://metlin.scripps.edu>) ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 10 შეესაბამება პეტუნინდინს, მოლეკულური მასით MW: 271.06 გ/მოლი (2-(4-hydroxyphenyl)chromene-3,5,7-triol) (C<sub>15</sub>H<sub>11</sub>O<sub>5</sub>).



სურ. 19. UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H).

ნივთიერება 13,14 [M+H] - m/z 449.08 (447.10) ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე სულ მცირე 2 ნაერთი შეკავების დროით 5.700 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 279.85მ და 518 ნმ. ფრაგმენტაციის შედეგად მიიღება m/z 286.92 (ციანიდინი). მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 13 შეესაბამება ციანიდინ-3-0-გალაქტოზიდს, მოლეკულური მასით MW: 449.4გ/მოლი,  $C_{21}H_{21}O_{11}^+$  Cyanidin 3-O-galactoside (2*S*,3*R*,4*S*,5*R*,6*R*)-2-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxychromenylium-3-yl]oxy-6- (hydroxymethyl) oxane-3,4,5-triol). ხოლო ნივთიერება 14 შეესაბამება ციანიდინ-3-0-გლუკოზიდი მოლეკულური მასით MW: 449.4გ/მოლი,  $C_{21}H_{21}O_{11}^+$  Cyanidin 3-O-glucoside (2*S*,3*R*,4*S*,5*R*,6*R*)-2-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-chromen-3-yl]oxy-6-(hydroxymethyl)oxane-3,4,5-triol.



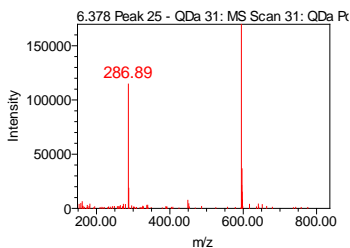
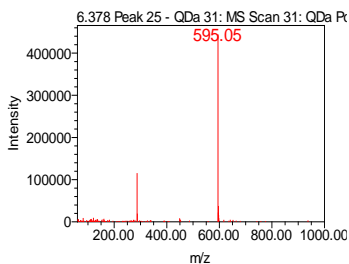
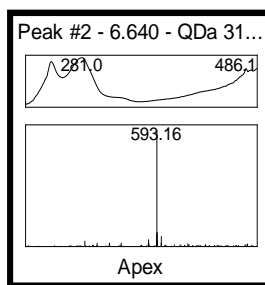
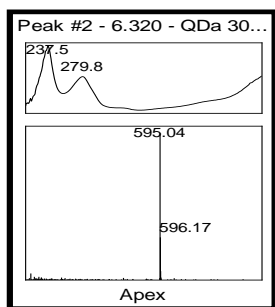
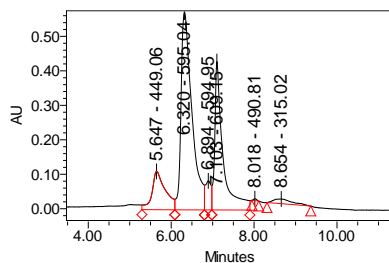
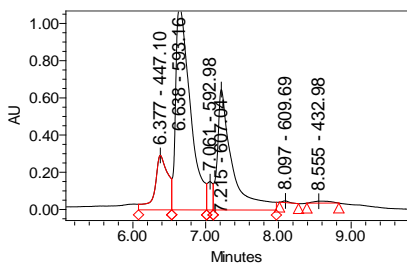


სურათი 20. ნივთიერება 13 და 14-ის UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H) და M/Z (M-H).

ნივთიერება 15;16 [M+H] - m/z 595.04 (593.16) ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 6.320 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 279.85მ და 5185მ.

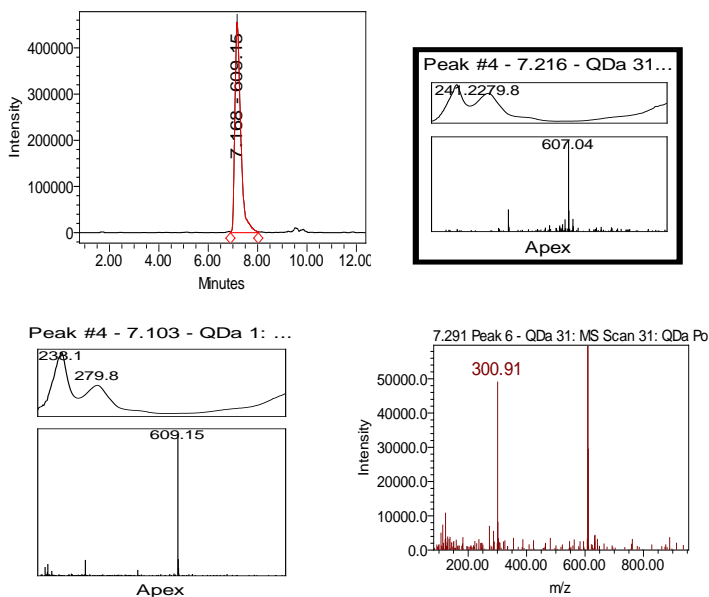


ფრაგმენტაციის შედეგად მიიღება  $m/z$  286.89 (ციანიდინი). მიღებული შედეგების შეჯგობრებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 15 შეესაბამება ციანიდინ-3-0-რუთინოზიდს, მოლეკულური მასით MW: 595.5 გ/მოლი,  $C_{27}H_{31}O_{15}^+$  Cyanidin 3-O-rutinoside ((2*R*,3*R*,4*R*,5*R*,6*S*)-2-[[[2*R*,3*S*,4*S*,5*R*,6*S*]-6-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxychromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methoxy]-6-methyloxane-3,4,5-triol); ნივთიერება 16 Cyanidin-3-(6-*trans*-pcoumaroyl)glucoside MW: 595.5 m/mol,  $C_{30}H_{27}O_{13}^+$  (2*R*,3*S*,4*S*,5*R*,6*S*)-6-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxychromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methyl (*E*)-3-(4-hydroxyphenyl)prop-2-enoate.



სურათი 21. ნივთიერება 15 და 16-ის UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H) და M/Z (M-H).

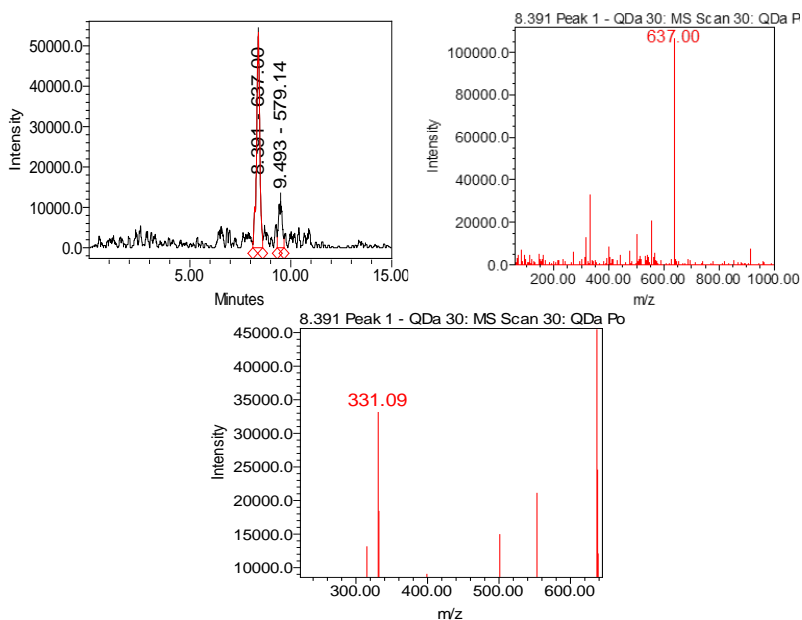
ნივთიერება 17 [M+H] - m/z 609.15 (607.04) ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 7.103 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 279.8 ნმ და 518 ნმ. ფრაგმენტაციის შედეგად მიიღება m/z 300.91 (პონიდინი). მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 16 შეესაბამება პონიდინ-3-0-რუთინოზიდს, მოლეკულური მასით MW: 609.6 გ/მოლი,  $C_{28}H_{33}O_{15}^+$  Peonidin 3-rutinoside ((2*R*,4*S*,5*R*)-2-[[[(3*S*,6*S*)-6-[5,7-dihydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)chromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methoxy]-6-methyloxane-3,4,5-triol)



სურათი 22. ნივთიერება 17-ის UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H) და M/Z (M-H)

ნივთიერება 18 [M+H] - m/z 637.00 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 8.391 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 279.8 ნმ და 518 ნმ. ფრაგმენტაციის შედეგად მიიღება m/z 331.09 (მალვიდინი). მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 17 შეესაბამება მალვიდინ-3-0-პარა-კუმაროილ გლუკოზიდს, მოლეკულური მასით MW: 639.6 გ/მოლი,  $C_{32}H_{31}O_{14}^+$  Malvidin-3-O-(6-p-coumaroyl)glucoside

((2*S*,3*R*,4*R*,5*S*,6*R*)-6-[5,7-dihydroxy-2-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)chromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl)methyl (*E*)-3-(4-hydroxyphenyl)prop-2-enoate).



სურათი 23. ნივთიერება 18-ის UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M+H) და M/Z (M-H)

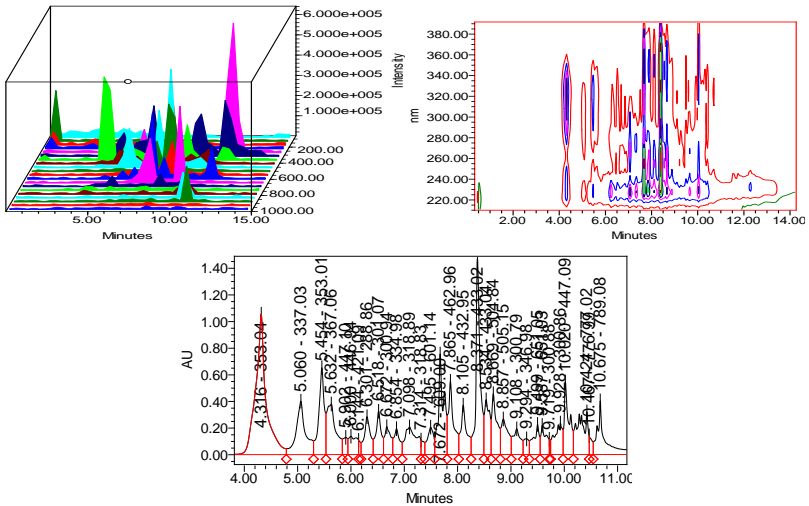
ვლავონონ გლიკოზიდების LC-MS-PDA კვლევამ საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა შემდეგი ნაერთების იდენტიფიკაცია:

**ტყემლის ნაყოფის ანტოციანიდინების UPLC-PDA-MS დახასიათება ცხრილი N7**

#	Compound name	RT (min)	მოლეკულური ფორმულა	[M-H] <sup>+</sup> (m/z)	ფრაგმენტი	UV max. (nm)
8	ციანიდინი	2.764	C <sub>15</sub> H <sub>11</sub> O <sub>6</sub> <sup>+</sup>	289.90		279.8; 519
9	პეონიდინი	6.006	C <sub>16</sub> H <sub>13</sub> O <sub>6</sub> <sup>+</sup>	300.91		282.9; 518.3
10	პეტუნიდინი	8.511	C <sub>16</sub> H <sub>13</sub> O <sub>7</sub>	316.95		282.8; 518.3
11	მალვიდინი	8.391	C <sub>17</sub> H <sub>15</sub> O <sub>7</sub>	331.95		282.7; 518.4

12	პელარგონიდინი	7.827	C <sub>15</sub> H <sub>11</sub> O <sub>5</sub>	270.96		
13	ციანიდინ-3-0-გალაქტოზიდი	6.229	C <sub>21</sub> H <sub>21</sub> O <sub>11</sub> <sup>+</sup>	449.08	286.98	279.8; 518
14	ციანიდინ-3-0-გლუკოზიდი	6.425	C <sub>21</sub> H <sub>21</sub> O <sub>11</sub> <sup>+</sup>	449.4	286.98	279.8; 518
15	ციანიდინ-3-0-რუთინოზიდი	6.320	C <sub>27</sub> H <sub>31</sub> O <sub>15</sub> <sup>+</sup>	595.04	286.98	279.8; 518
16	ციანიდინ-3-(6-trans-p კუმაროილ) გლუკოზიდი	6.894	C <sub>30</sub> H <sub>27</sub> O <sub>13</sub> <sup>+</sup>	594.95	286.98	279.8; 518
17	პეონიდინ-3-0-რუთინოზიდი	7.103	C <sub>28</sub> H <sub>33</sub> O <sub>15</sub> <sup>+</sup>	609.15	300.91	279.8; 518
18	მალვიდინ-3-0-პარა-კუმაროლ-გლუკოზიდი	8.391	C <sub>32</sub> H <sub>31</sub> O <sub>14</sub> <sup>+</sup>	637.00	331.09	279.8; 518

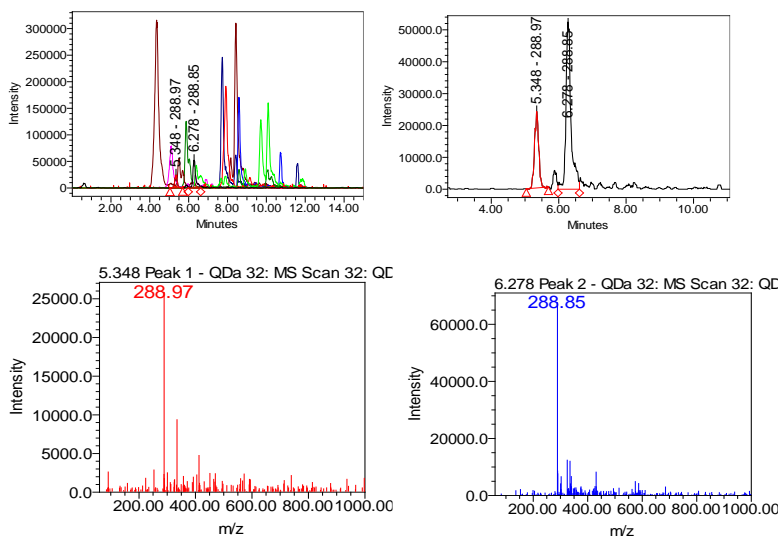
ტყემლის ნაყოფის ფენოლკარბონმჟავების და ფლავონოიდური გლიკოზიდების იდენტიფიკაციისათვის გამოყენებული იქნა მთლიანი ნაყოფის სპირტანი ელსტრაქტის ეთილაცეტატისანი ფრაქციები. დეტექტირება ხდებოდა როგორც უარყოფითი (ESI-MS)-, ასევე დადებითი (ESI-MS)+ იონიზაციის პირობებში.



სურ.24. ტყემლის ეთილაცეტატური ფრაქციის UPLC-PDA- MS კრომატოგრამა M/Z (M-H).

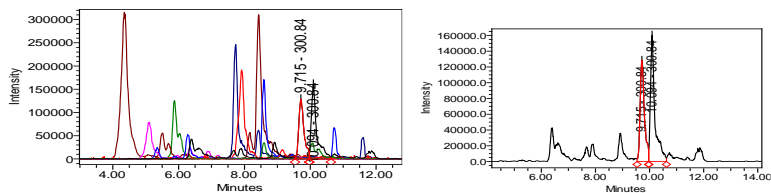
ნივთიერება 19,20 [M-H] - m/z 288.97 და 288.85 ფიქსირდება კრომატოგრამაზე შუალედურ დროს 5.348წთ და 6.278 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 281.75მ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>)

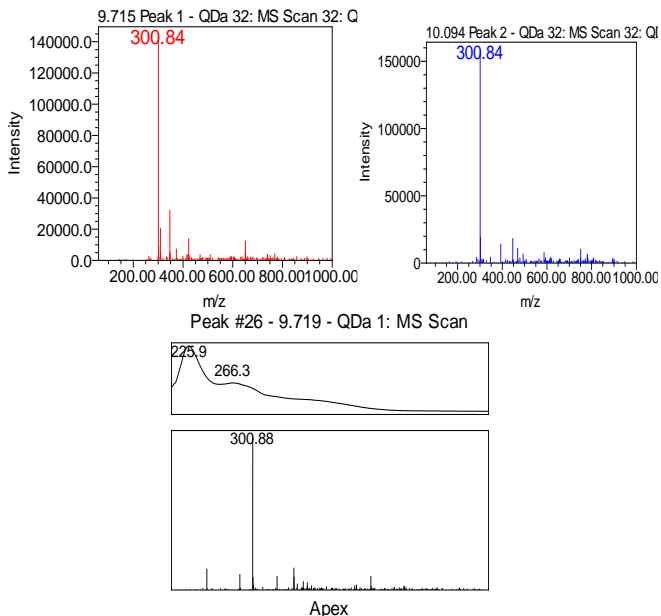
შესაბამისად ნივთიერება 18 შეესაბამება კატეჩინს, MF  $C_{15}H_{14}O_6$ , MW: 290.27გ/მოლი Catechin (2R,3S)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,4-dihydro-2H-chromene-3,5,7-triol, ხოლო ნივთიერება 19 ეპიკატეჩინს MF  $C_{15}H_{14}O_6$ , MW: 290.27გ/მოლი epi-Catechin (2R,3R)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,4-dihydro-2H-chromene-3,5,7-triol.



**სურათი 25.** ნივთიერება 19,20 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

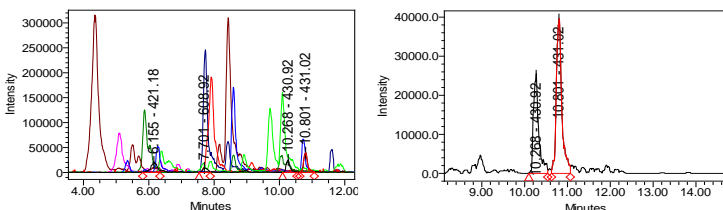
ნივთიერება 21;22 [M-H] - m/z 300.84 და 300.84 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 9.715წთ და 10.094 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 266.35მ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მსებების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 21 შეესაბამება კვერცეტინს, MF:  $C_{15}H_{10}O_7$  MW: 302.23გ/მოლი, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxychromen-4-one, ხოლო ნივთიერება 22 არაა იდენტიფიცირებული.

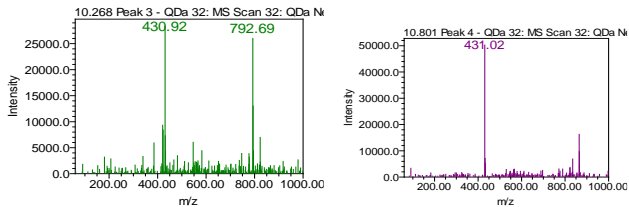




**სურათი 26.** ნივთიერება 21,22 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

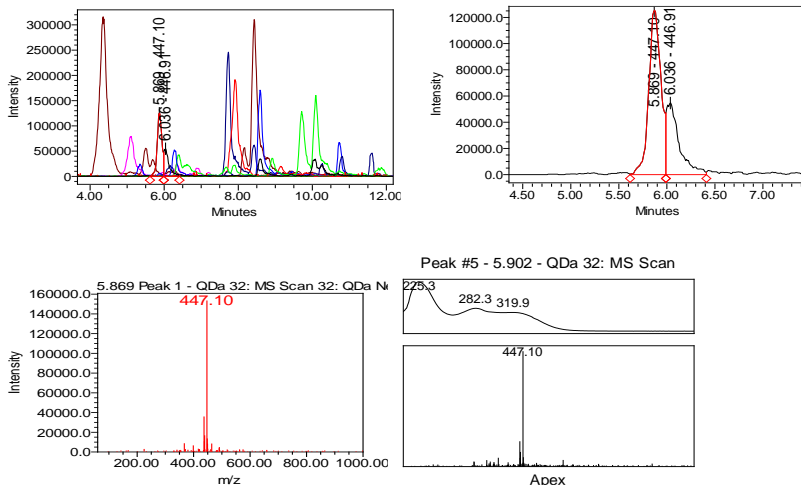
ნივთიერება 23;24 [M-H] - m/z 430.92 და 431.02 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 10.268წთ და 10.801 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 266.35მ მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 22 შეესაბამება აპიგენინ 7-გლუკოზიდის (Apigenin 7-O-glucoside). MF:  $C_{21}H_{20}O_{10}$  MW: 432.4 გ/მოლი, IUPAC Name: (5-hydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)-7-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]oxychromen-4-one, ხოლო ნივთიერება 24 არაა იდენტიფიცირებული.





**სურათი 27.** ნივთიერება 23;24 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

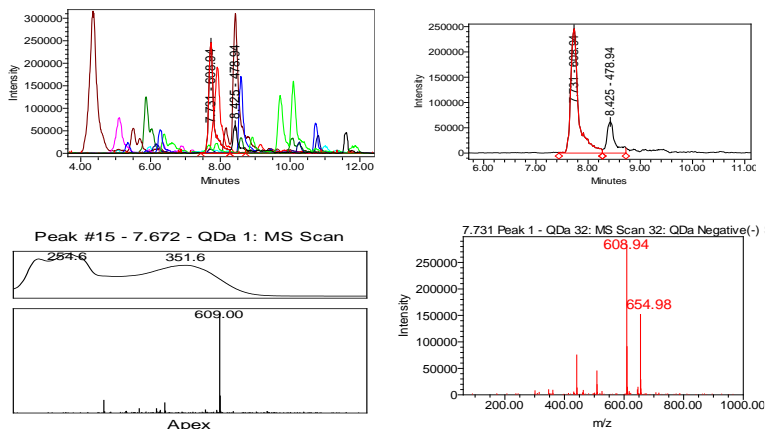
ნივთიერება 25;26 [M-H] - m/z 447.10 და 446.91 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 5.869წთ და 6.036 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 282.35მ და 319.9 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 24 შესაბამაზე ლუტეოლინ-7-გლუკოზიდს. Luteolin 7-O-glucoside MF:  $C_{21}H_{20}O_{11}$  MW: 448.4 გ/მოლი, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5-hydroxy-7-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]oxychromen-4-one. ნივთიერება 25 არაა იდენტიფიცირებული.



**სურათი 28.** ნივთიერება 25;26 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

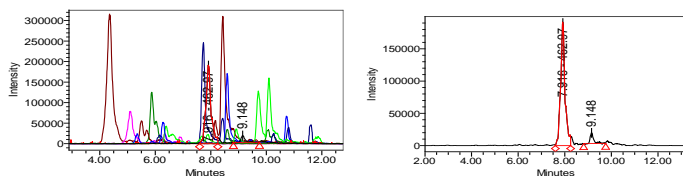
ნივთიერება 27 [M-H] - m/z 608.94 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 7.731 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 254.6 ნმ და 351.6 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად

ნივთიერება 27 შეესაბამება რუთინს (კვერცეტინ-3-რუტინოზიდი) (Quercetin 3-rutinoside) MF:  $C_{27}H_{30}O_{16}$  MW: 610.5გ/მოლი, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-3-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-[[[2R,3R,4R,5R,6S)-3,4,5-trihydroxy-6-methyloxan-2-yl]oxymethyl]oxan-2-yl]oxychromen-4-one.

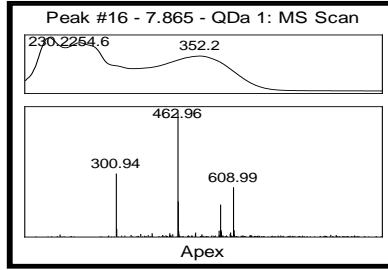


**სურათი 29.** ნივთიერება 27 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 28 [M-H] - m/z 462.97 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 7.916 წთ, ფრაგმენტის m/z 300.94 შთანქმის მაქსიმუმით 254.6 ნმ და 352.25მ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 27 შეესაბამება კვერცეტინ-3-O-გლუკოზიდს, MF:  $C_{21}H_{20}O_{12}$  MW: 464.4გ/მოლი, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-3-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]oxychromen-4-one.

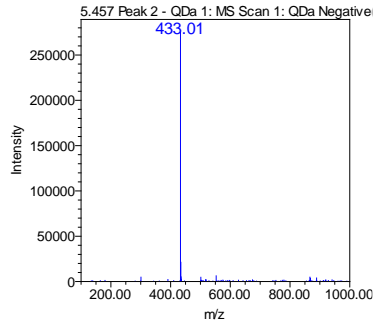
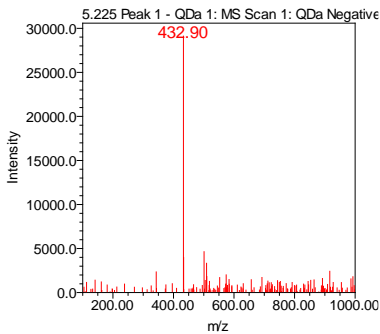
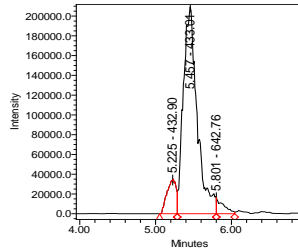
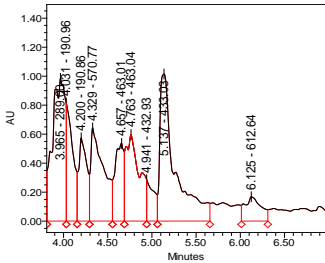


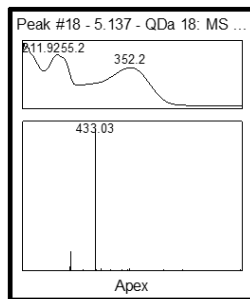
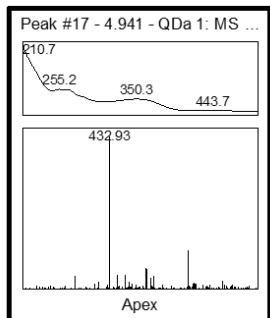




**სურათი 30.** ნივთიერება 28 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

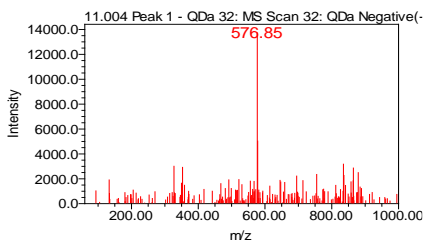
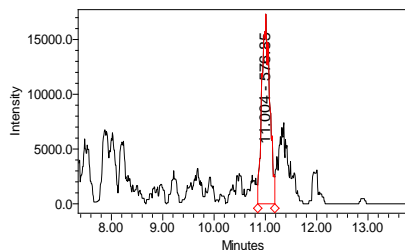
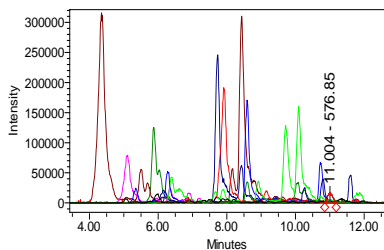
ნივთიერება 29;30 [M-H] - m/z 432.96 და 478.94 (432.96) ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შუკავების დროით 8.164წთ და 8.431 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 253.46მ და 352.2 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 28 შესაბამემა კვერცეტინ-3-O არაბინოზიდს, (quercetin-3-O-arabinoside) MF:  $C_{20}H_{18}O_{11}$  MW: 434.3g/mol, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-3-[(2R,3S,4R,5R)-3,4,5-trihydroxyoxan-yl]oxychromen-4-one.





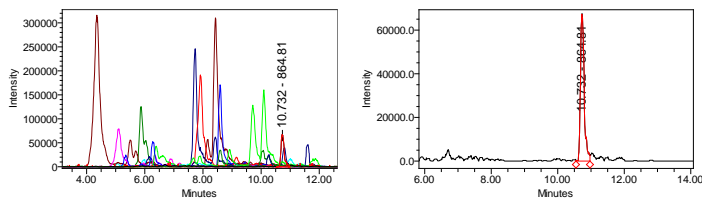
სურათი 31. ნივთიერება 29;30 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 31 [M-H] - m/z 576.85 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 11.004 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 2785მ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 30 შეესაბამება პროციანიდინ B1, (Procyanidin B1) MF:  $C_{30}H_{26}O_{12}$  MW: 578.5გ/მოლი, IUPAC Name: (2R,3S)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-8-[(2R,3R,4R)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-3,4-dihydro-2H-chromen-4-yl]-3,4-dihydro-2H-chromene-3,5,7-triol.



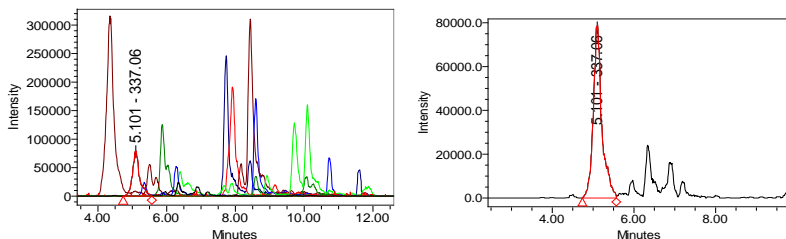
სურათი 32. ნივთიერება 31 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

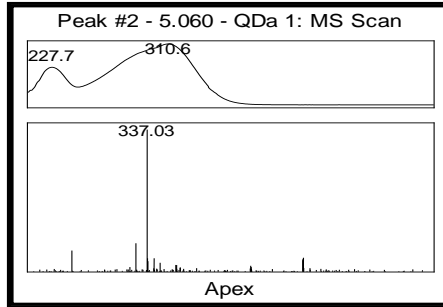
ნივთიერება 32 [M-H] - m/z 864.81 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 10.732 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 276.3 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 31 შეესაბამება პროციანიდინ C1, (Procyanidin C1) MF: C<sub>45</sub>H<sub>38</sub>O<sub>18</sub> MW: 866.8გ/მოლი, IUPAC Name:2R,3R,4S)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-4-[(2R,3R)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-3,4-dihydro-2H-chromen-8-yl]-8-[(2R,3R,4R)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-3,4-dihydro-2H-chromen-4-yl]-3,4-dihydro-2H-chromene-3,5,7-triol.



**სურათი 33.** ნივთიერება 32 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

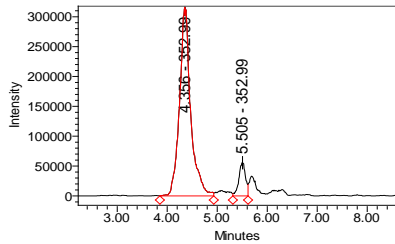
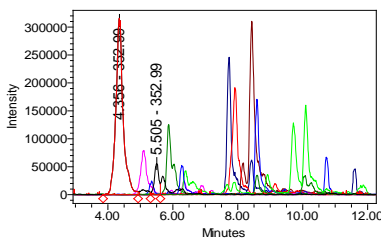
ნივთიერება 33 [M-H] - m/z 337.06 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 5.101 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 310.6 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 33 შეესაბამება კუმაროილკუინის მჟავას (3-p-coumaroylquinic acid), MF: C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>O<sub>8</sub> MW: 338.31გ/მოლი, IUPAC Name: (1R,3R,4S,5R)-1,3,4-trihydroxy-5-[(E)-3-(4-hydroxyphenyl)prop-2-enoyl] oxycyclohexane-1-carboxylic acid.

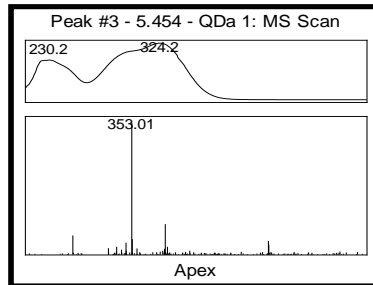
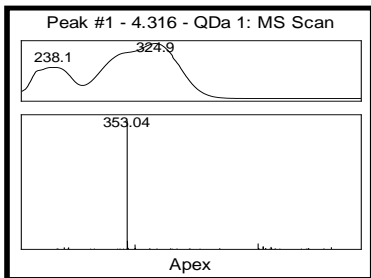




**სურათი 34.** ნივთიერება 33 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

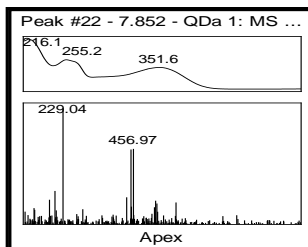
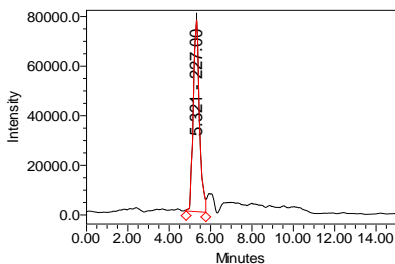
ნივთიერება 34;35 [M-H] - m/z 353.04 და 353.01 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 4.316წთ და 5.454 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 324.96მ და 324.26მ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 34 შეესაბამება ნეოქლოროგენის მჟავას (Neochlorogenic acid), MF:  $C_{16}H_{18}O_9$  MW: 354.31გ/მოლი, IUPAC Name: (1R,3R,4S,5R)-3-[(E)-3-(3,4-dihydroxyphenyl)prop-2-enoyl]oxy-1,4,5 trihydroxycyclohexane-1-carboxylic acid, ხოლო ნივთიერება 35 ქლოროგენის მჟავას (Chlorogenic Acid), MF:  $C_{16}H_{18}O_9$  MW: 354.31გ/მოლი, IUPAC Name: (1S,3R,4R,5R)-3-[(E)-3-(3,4-dihydroxyphenyl)prop-2-enoyl]oxy-1,4,5-trihydroxy cyclohexane-1-carboxylic acid.





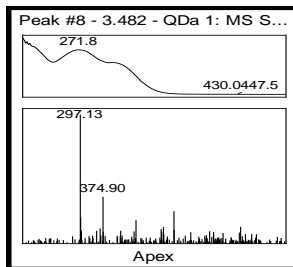
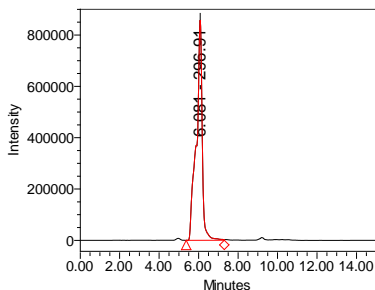
**სურათი 35.** ნივთიერება 34;35 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 36 [M-H] - m/z 227.00 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 5.321 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 282.3 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 20 შეესაბამება რესვერატროლს (Resveratrol), MF:  $C_{14}H_{12}O_5$  MW: 228.24გ/მოლი; IUPAC Name: 5-[(E)-2-(4-hydroxyphenyl)ethenyl]benzene-1,3-diol.



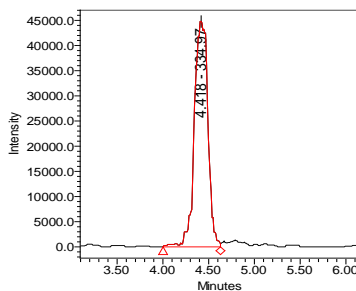
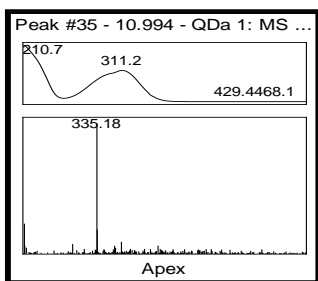
**სურათი 36.** ნივთიერება 36 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 37[M-H] - m/z 296.91 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 6.081 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 271.8 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 37 შეესაბამება ჰექსოზილ ვაშლ მჟავას (Hexosyl-malic acid), MF:  $C_{10}H_{18}O_{10}$  MW: 296 გ/მოლი;



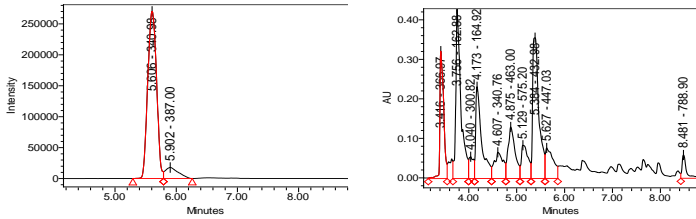
**სურათი 37.** ნივთიერება 37 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 38 [M-H] - m/z 335.18 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 10.994 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 311.2 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 38 შეესაბამება კაფეოილ შიკიმის მჟავას იზომერი (isomeric caffeoylshikimic acids), MF:  $C_{16}H_{16}O_8$  MW: 336.29გ/მოლი; IUPACName:(3R,4R,5R)-5-[(E)-3-(3,4-dihydroxyphenyl) prop-2-enoyl]oxy-3,4-dihydroxycyclohexene-1-carboxylic acid



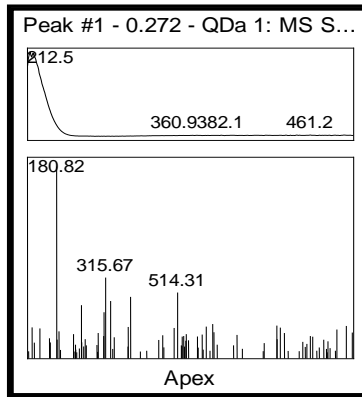
**სურათი 38.** ნივთიერება 38 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 39 [M-H] - m/z 340.98 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 5.606 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 282.3 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 39 შეესაბამება ყავის მჟავას ჰექსოზიდი (Caffeic acid hexoside), MF:  $C_{15}H_{18}O_9$  MW: 342.30 გ/მოლი; IUPAC Name: 3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl] (E)-3-(3,4-dihydroxyphenyl)prop-2-enoate .



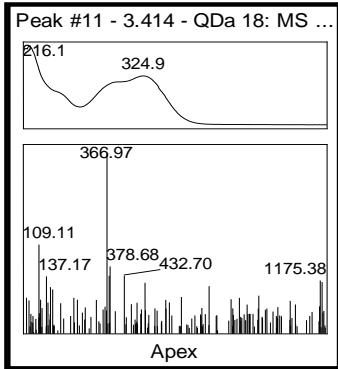
**სურათი 39.** ნივთიერება 39 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 40 [M-H] - m/z 180.82 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 9.040 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 212.5 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 40 შეესაბამება ჰექსოზე ალკოჰოლს (Hexose sugar alcohol), MF: C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub> MW: 180.02გ/მოლი;



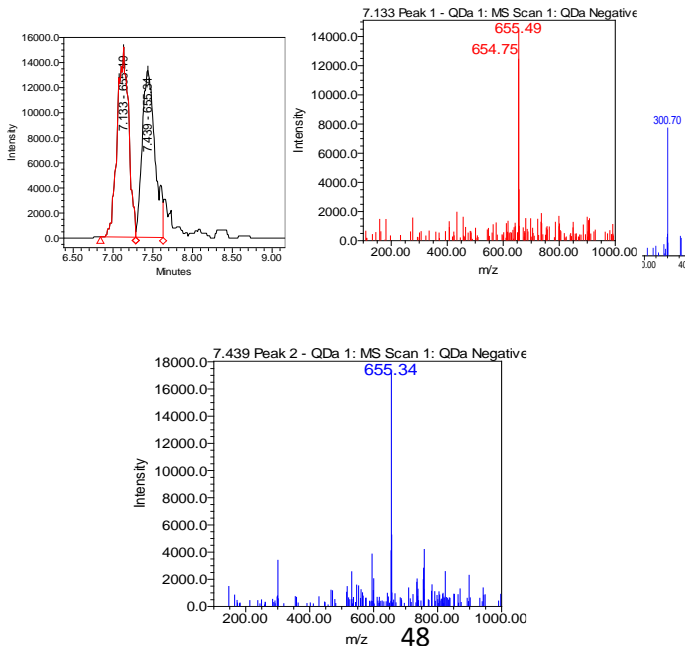
**სურათი 40.** ნივთიერება 40 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 41 [M-H] - m/z 366.97 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 3.414 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 324.9 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 41 შეესაბამება ფერულიქინის მჟავას (4-Feruloylquinic Acid), MF: C<sub>17</sub>H<sub>20</sub>O<sub>9</sub> MW: 368.3 გ/მოლი; (3R,5R)-1,3,5-trihydroxy-4-[(E)-3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)prop-2-enoyl]oxycyclohexane-1-carboxylic acid

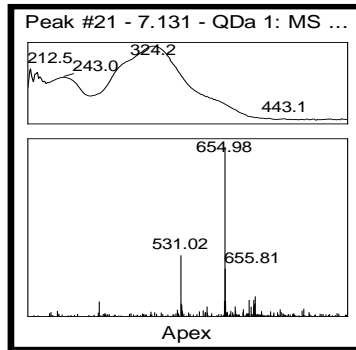
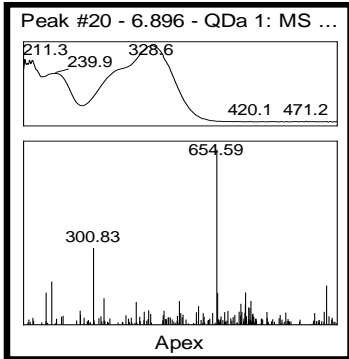


**სურათი 41.** ნივთიერება 41 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 42;43 [M-H] - m/z 655.49 და 655.34 (300.70) ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 7.133 და 7.439 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 324.2 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 42 და 43 შეესაბამება კუმაროილ (ტეტრააცეტატილ) დიჰექსოზიდის იზომერს (Coumaroyl(tetraacetyl)-dihexoside isomer), MF: C<sub>29</sub>H<sub>36</sub>O<sub>17</sub> MW: 656 გ/მოლი.

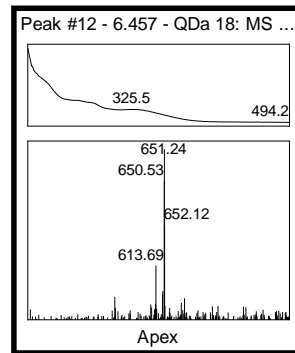
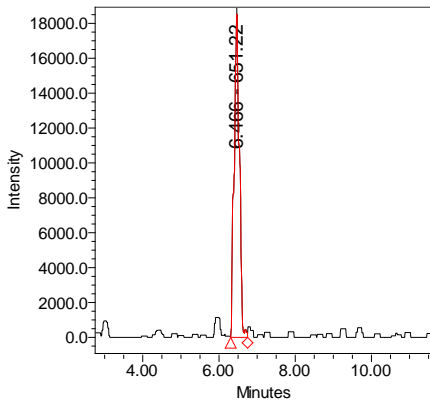






**სურათი 42.** ნივთიერება 42;43 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

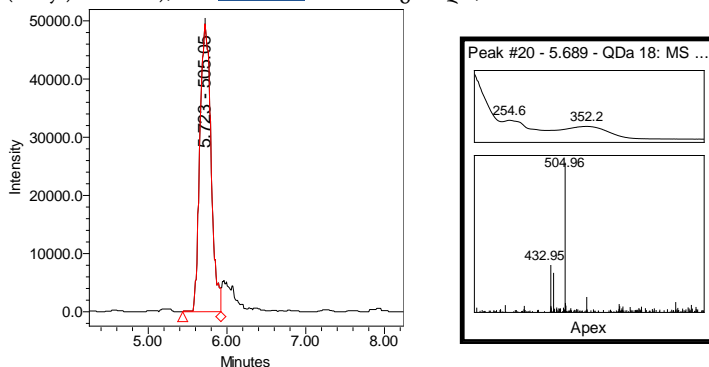
ნივთიერება 44 [M-H] - m/z 651.22, ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 6.466 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 325,5 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 44 შეესაბამება კვერცეტინ-3-0-(აცეტილ) რუტინოზიდი (Quercetin-3-O-(acetyl) rutinoid), MF:  $C_{29}H_{34}O_{17}$  MW: 652 გ/მოლი;



**სურათი 44.** ნივთიერება 44 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

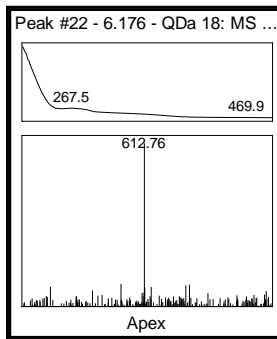
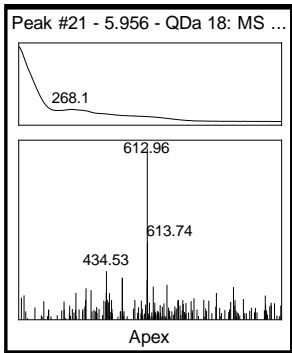
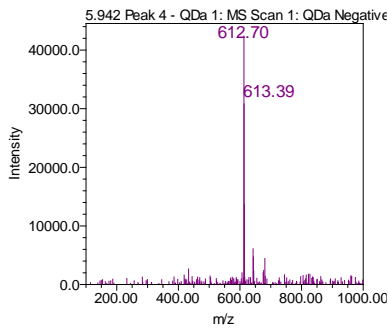
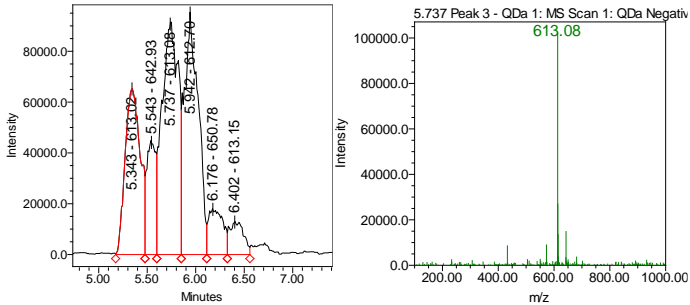
ნივთიერება 45 [M-H] - m/z 505.1, ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 5.723 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 254.6 და 352.2 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად

ნივთიერება 45 შეესაბამება კვერცეტინ-3-0-აცეტილ ჰექსოზიდი (Quercetin-3-O-(acetyl)-hexoside), MF:  $C_{23}H_{22}O_{13}$  MW: 506 გ/მოლი;



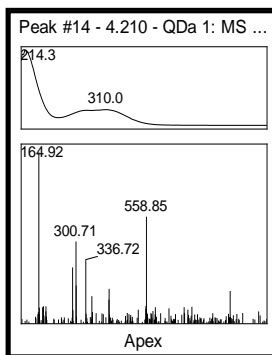
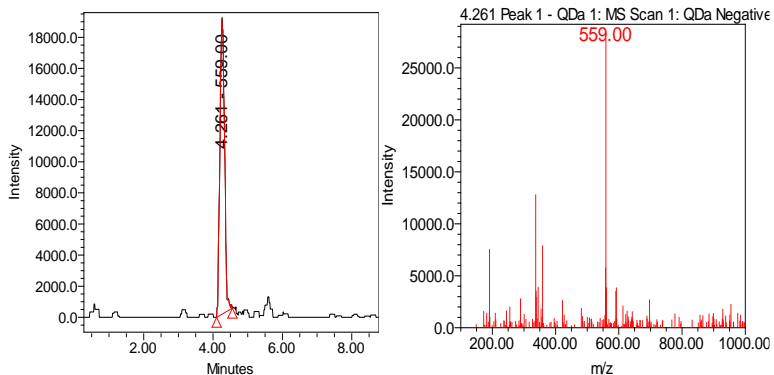
**სურათი 45.** ნივთიერება 45 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 46;47 [M-H] - m/z 613.08 და 613.39 (300.70) ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 5.737 და 5.942 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 268.1 და 267.5 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 46 და 47 შეესაბამება კუმაროილ (ტრიაცეტატილ) დიჰექსოზიდის იზომერს (Coumaroyl(triacetyl)-dihexoside isomer), MF:  $C_{27}H_{24}O_{16}$  MW: 614 გ/მოლი.



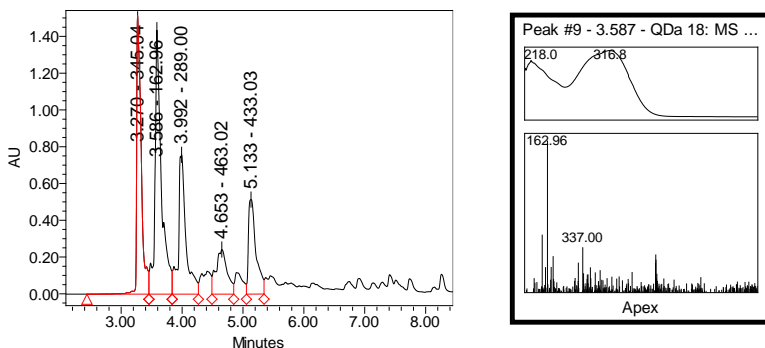
**სურათი 46.** ნივთიერება 46;47 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 48 [M-H] - m/z 559.00 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 4.261 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 310.0 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 48 შეესაბამება ფერულილილ-(აცეტილ) ჰექსოზიდი იზომერი (feruloil-(acetyl)-hexose-hexoside isomer), MF:  $C_{24}H_{32}O_{15}$  MW: 560 გ/მოლი;



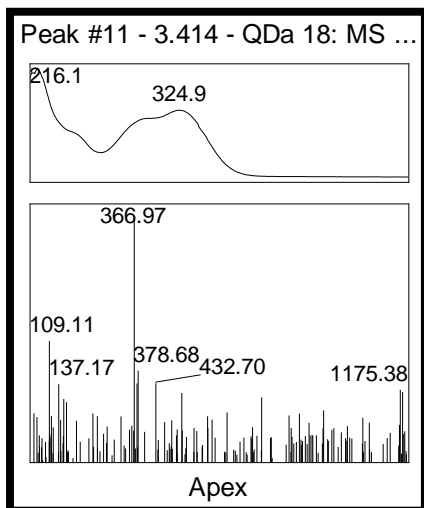
**სურათი 47.** ნივთიერება 48 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 49 [M-H] - m/z 162.96 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკავების დროით 3.587 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 316.8 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 49 შეესაბამება კვერცეტინ-3-0-(აცეტილ)ჰექსოზიდი (Quercetin-(acetyl)-hexoside isomer), MF:  $C_{23}H_{22}O_{13}$  MW: 506 გ/მოლი;



**სურათი 48.** ნივთიერება 49 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ნივთიერება 50 [M-H] - m/z 366.97 ფიქსირდება ქრომატოგრამაზე შეკვების დროით 3.414 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმით 324.9 ნმ. მიღებული შედეგების შეჯერებით, ასევე ნაერთების მასების ბაზის (<https://metlin.scripps.edu>) შესაბამისად ნივთიერება 50 შეესაბამება ფერულილ-კუინის მჟავას (feruloil-quinic acid), MF:  $C_{17}H_{20}O_9$  MW: 367.1 გ/მოლი;



სურათი 49. ნივთიერება 50 UPLC-PDA- MS ქრომატოგრამა M/Z (M-H).

ცხრილი 4. ტყემლის ფენოლური ნაერთების UPLC-MS მახასიათებლები იონის LC-ESI MS negative და positive ანალიზისას

ნივთ-ბა	ნაერთი	RT (min)	მოლეკულის ფორმულა	m/z (M-H) <sup>+</sup>	ფრაგმენტი	UV max. (nm)
19	კატეჯინი	5.348	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	288.97		281.7
20	ეპიკატეჯინი	6.278	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	288.85		281.7
21	კვერცეტინი	9.715	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	300.84		266.3
22	ნივთიერება 21	10.094	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	300.84		266.3
23	აპიგენინ 7-გლუკოზიდი	10.268	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	430.92		266.3
24	ბენზილ ჰექსოზე-ჰექსოზიდი	10.801	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	431.02		266.3
25	ლუტეოლინ-7-გლუკოზიდი	5.869	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>	447.10		282.3
26	კვერცეტინ რამნოზიდი	6.036	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>	446.91		319.9
27	რუთინი (კვერცეტინ-3-რუტინოზიდი)	7.731	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	608.94		254.6; 351.6
28	კვერცეტინ-3-O-გლუკოზიდი	7.916	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>12</sub>	462.97		254.6; 352.2
29	კვერცეტინ-3-O არაბინოზიდი	5.225	C <sub>20</sub> H <sub>18</sub> O <sub>11</sub>	432.90		253.4
30	კვერცეტინ-3-O ქსილოზიდი	5.457	C <sub>20</sub> H <sub>18</sub> O <sub>11</sub>	433.01		352.2
31	პროციანიდინ B1	11.004	C <sub>30</sub> H <sub>26</sub> O <sub>12</sub>	576.85		278
32	პროციანიდინ C1	10.732	C <sub>45</sub> H <sub>38</sub> O <sub>18</sub>	864.81		276.3
33	კუმაროილქუინის მჟავა	5.101	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>8</sub>	337.06		310.6
34	ნეოქლოროგენის მჟავას	4.316	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>	353.04		324.9

35	ქლოროგენის მჟავას	5.454	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>	353.01		324.2
36	რესვერატროლი		C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> O	227.24 (-) 229.09 (+)		282.3
37	ჰექსოილ- ვაშლმჟავა	6.081	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>10</sub>	296.91		282.3
38	კოფეილ შიმინური მჟავები	4.634	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>10</sub>	334.98		268.7
39	კოფეილის მჟავას ჰექსოზიდი	5.606	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>	340.98		311.2
40	ჰექსოზა შაქრის სპირტი	9.040	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	180.82		212.5
41	ფერულოილქინის მჟავა	3.414	C <sub>17</sub> H <sub>20</sub> O <sub>9</sub>	366.97		324.9
42	კუმაროილ(ტეტ რაცეტილ)- დიჰექსოსიდის იზომერი	6.896	C <sub>29</sub> H <sub>36</sub> O <sub>17</sub>	655.16		324.2
43	კუმაროილ(ტეტ რაცეტილ)- დიჰექსოსიდის იზომერი	7.439	C <sub>29</sub> H <sub>36</sub> O <sub>17</sub>	655.26	300.7	324.2
44	კვერცეტინ-3-O- (აცეტილ)- რუტინოზიდი	6.466	C <sub>29</sub> H <sub>34</sub> O <sub>17</sub>	651.22		325,5
45	კვერცეტინ-3-O- (აცეტილ)- ჰექსოზიდი	6.466	C <sub>23</sub> H <sub>22</sub> O <sub>13</sub>	505.05		352.2
46	კუმაროილ(ტრია ცეტილ)- დიჰექსოსიდის იზომერი	5.608	C <sub>27</sub> H <sub>24</sub> O <sub>16</sub>	613.01		268.1
47	კუმაროილ(ტრია ცეტილ)- დიჰექსოსიდის იზომერი	6.103	C <sub>27</sub> H <sub>24</sub> O <sub>16</sub>	613.04		267.5
48	ფერულოილ- (აცეტილ)- ჰექსოზა- ჰექსოზა იზომერი	4.261	C <sub>24</sub> H <sub>32</sub> O <sub>15</sub>	558.79		310.0

49	p-კუმარის მჟავა	3.587	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	164.16		316.8
50	ფერულოლ-ქინაქინის მჟავა	3.414	C <sub>17</sub> H <sub>20</sub> O <sub>9</sub>	366.97		324.9

**4 ტყემლის ზოგიერთი ჯიშისა და სახეობის ნაყოფის წვენის კატიონების კვლევა კონდუქტომეტრული დეტექტორის გამოყენებით**

ტყემლის ნაყოფის წვენის კატიონის კვლევა ჩატარდა ქრომატოგრაფიული მეთოდით, კონდუქტომეტრული დეტექტორით. იზოკრატიული ტუმბო (Isocratic HPLC pump -Waters 1515), დეტექტორი (Waters 432 -Conductivity), ქრომატოგრაფიული სვეტიC-PakCationMD, ელუენტის 3 mM HNO<sub>3</sub>/0.1 mM EDTA, ელუენტის გამტარებლობა 1250 ± 50 μS, საბაზო მგრძნობელობა 2000 μS, ინტეგრატორის მგრძნობელობა 0.01 μS, სვეტის ტემპერატურა 35°C, პოლარობა-negative. ინჟექტირებამდე საანალიზო ნიმუშები ილექებოდა 1:1 თანაფარდობით 96%-იანი ეთილის სპირტით პექტინის დასალექად, ცენტრიფუგირების შემდეგ ნიმუშს 1:10 თანაფარდობით ემატებოდა დეიონიზირებული წყალი (განზავების ფაქტორი F=20) და იფილტრებოდა 0,45მკრ ზომის ფილტრში. მიღებული კომპონენტების იდენტიფიკაციისათვის და ნაერთების რაოდენობრივი შემცველობის დასადგენად (აგებული საკალიბრო მრუდები) გამოყენებული იქნა სტანდარტები: ლითიუმის ჰიდროქსიდის მონოჰიდრატი (Li<sup>+</sup>), ნატრიუმის ქლორიდი (Na<sup>+</sup>), ამონიუმის ქლორიდი (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), კალიუმის ქლორიდი (K<sup>+</sup>), მაგნიუმის ჰიდრატი (Mg<sup>2+</sup>), კალციუმის ნიტრატი ტეტრაჰიდრატი(Ca<sup>2+</sup>), სტრონციუმის ნიტრატი ტეტრაჰიდრატი (Sr<sup>2+</sup>), ბარიუმის ქლორიდი დიჰიდრატი(Ba<sup>2+</sup>) (FisherScientific), EDTA (Serva).

ლითიუმის საკალიბრო მრუდის ფორმულა  $Y = 3.55e+005 X - 7.26e+003$

ნატრიუმის საკალიბრო მრუდის ფორმულა  $Y = 1.44e+005 X + 9.50e+004$

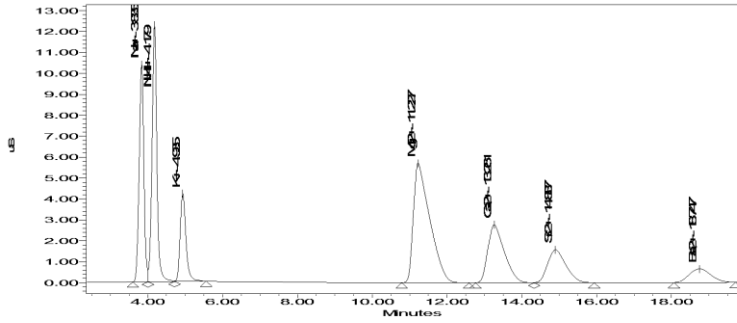
ამონიუმის საკალიბრო მრუდის ფორმულა  $Y = 1.65e+005 X + 1.21e+005$

კალიუმის საკალიბრო მრუდის ფორმულა  $Y = 7.79e+004 X + 6.01e+004$

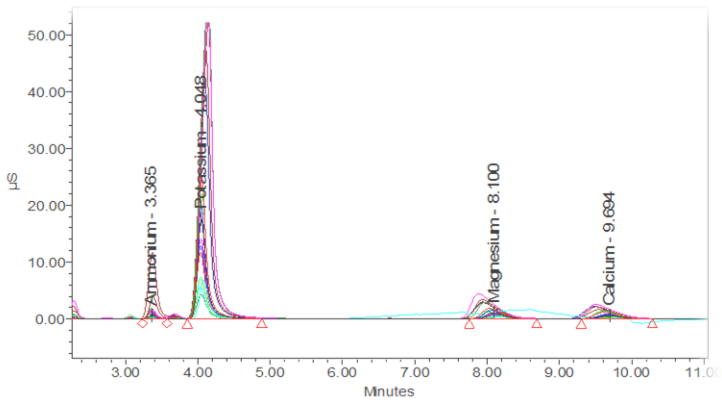
მაგნიუმის საკალიბრო მრუდის ფორმულა  $Y = 2.97e+005 X + 2.76e+005$

კალციუმის საკალიბრო მრუდის ფორმულა  $Y = 1.28e+005 X + 2.28e+005$





ნახ.50. მიწერალურ ნივთიერებათა სტანდარტული ქრომატოგრამა და სპექტრის მახასიათებლები



სურათი 50 . ტყემლის წვენის კატიონების დამახასიათებელი ქრომატოგრამა

ტყემლის წვენის კატიონების ქრომატოგრაფიული დახასიათება ცხრილი: 9

ნიმუშის დასახელება	ამონიუმი	კალიუმი	მაგნიუმი	კალციუმი
გაზაფხულის მერცხლი	0,684±0.020	107,703±4.092	3,492±0.132	8,256±0.280
ახალციხურა	0,949±0.030	32,12±1.284	0,67±0.227	1,422±0.051
მირაზღლა		13,046±0.391		0,108±0.004

აჭარული ვარდისფერი	1,209±0.041	155,11±4.963	3,433±0.123	4,305±0.172
წითელი ველური ხელო	2,859±0.102	136,537±4.6422	4,308±0.163	7,886±0.252
აქანის უნგრულა	0,221±0.008	36,939±1.329	0,874±0.034	1,313±0.044

ქრომატოგრამებზე სულ მცირე 4 ძირითადი კათიონი ფიქსირდება: ამონიუმი, კალიუმი, მაგნიუმი და კალციუმი. ტყემლის ნიმუშებში დომინანტი კალიუმის კათიონებია.

**თავი 5. ტყემლის კურკის ლიპიდური ბუნების ნაერთები**

ტყემლის კურკის კარბონმჟავების შედგენლობის კვლევა - განხორციელდა აირ-სითხური ქრომატოგრაფის (TRACE™ 1310 Gas Chromatograph - Thermo Scientific) საშუალებით. ქრომატოგრაფირება მიმდინარეობდა ქრომატოგრაფიულ კაპილარულ სვეტზე - SGE BPX5 Capillary GC Column 30 მ სიგრძის, 0,25 მმ დიამეტრის და 0,25 მკმ უძრავი ფაზის ნაწილაკების ზომით. უძრავ ფაზას წარმოადგენდა 5% Phenyl Polysilphenylene-siloxane.

ტყემლის კურკისაგან ცხიმის მისაღებად აღებული იქნა 50 გრამი ჰერზე გამშრალი წინასწარ დატეხილი კურკები, რომელიც დაქუცმაცდა Bosh-ის ფირმის საფეკავში და მოთავსდა მუდმივ წონამდე მიყვანილ ფილტრის ქაღალდში. პაკეტი ნიმუშთან ერთად გამოშრა 70 °C (1 სთ) და საექსტრაქციოდ მოთავსებული იქნა სოქსლეტის აპარატში 48 საათის განმავლობაში. ექსტრაქცია მიმდინარეობდა ჰექსანით ცხიმოვანი და ჰიგმენტური ნაერთების სრულ მოცილებამდე. მიღებული მასა გაშრა საშრობ კარადაში 70°C -ზე მუდმივ წონამდე. დადგინდა, რომ ლიპიდები შეადგენს მასის 40-45%-ს.

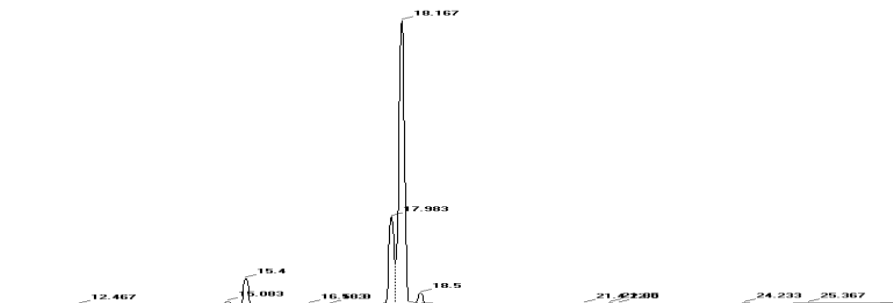
ცხიმის აირ-სითხური ქრომატოგრაფირებისათვის აუცილებელია მათი ეთერიფიკაცია, რისთვისაც ისინი მექანიკური მინარეებისაგან გასაწმენდად წინასწარ გაიფილტრა. შემდგომ დაცენტრიფუგირდა და სუოერნატანტს დაემატა 0.5 მლ 2 ნორმალური KOH-ის 96% სპირტ ხსნარი (შესაძლებელია ეთანოლის ან მეთანოლის გამოყენება). შემდეგ, დაემატა 10 მლ ჰექსანი (საერთო მოცულობა 11,5 მლ). მორევა განხორციელდა სრულ გახსნამდე (მინიმუმ 30 წამის განმავლობაში) და დაცენტრიფუგირდა 10 წუთის განმავლობაში 1000 ბრ/წთ-ზე.

ნიმუშის ზედა ფრაქციიდან 1 მკლ საკვლევი ნიმუშის ინჟექტირება ხორციელდებოდა SGE Analytical Science ფირმის 1.0 მკლ მიკროშპრიცის მეშვეობით. ქრომატოგრაფირებისას მოძრავ ფაზას წარმოადგენს ჰელიუმი, რომლის მოძრაობის

სიჩქარე შეადგენს 0,700 მლ/წუთში. ინჟექტორის ტემპერატურული რეჟიმი 250°C-ია, ხოლო, სვეტში შესაყვანი ნიმუშის ჰელიუმის ნაკადში დაყოფა ხორციელდებოდა 1/100 თანაფარდობით.

ქრომატოგრაფირება განხორციელდა ტემპერატურულ გრადიენტით სამ ეტაპად. კერძოდ, ქრომატოგრაფირება იწყება 140°C -ზე, რომელიც მიმდინარეობდა 4 წუთის განმავლობაში. მეორე ეტაპზე ტემპერატურა 20°C/წუთში სიჩქარით იზრდებოდა 220°C-მდე და გრძელდებოდა 16 წუთი. მესამე ეტაპზე ტემპერატურა 7°C/წუთში სიჩქარით იზრდებოდა 300°C-მდე და გრძელდებოდა აღნიშნულ ტემპერატურაზე 7 წუთის განმავლობაში.

ქრომატოგრაფირების სრული დრო შეადგენდა 42,43 წუთს. კარბონწყავების რაოდენობრივი შემცველობა ისაზღვრება პიკის ფართობის მიხედვით პროცენტებში 0,01%-ის სიზუსტით.



სურ.52. ლიპიდების მეთილ ესტერების აირ-სითხური ქრომატოგრამა

ქრომატოგრაფირების მეშვეობით მიღებული კომპონენტების იდენტიფიკაცია განხორციელდა ცნობილი შედგენილობის მქონე ნიმუშის, ასევე ზოგიერთი სტანდარტული ნაერთის გამოყენებით და ლიტერატურულ მონაცემებთან შედარებით. დადგინდა ტყემლის ზეთში კარბონწყავების სპეციფიკური შედგენილობა. ანალიზის შედეგები მოყვანილია ქრომატოგრამაზე (სურ.52).

ქრომატოგრაფიულმა კვლევამ დაგინდა, რომ ტყემლის კურკიდან მიღებული ზეთი შეიცავს ცამეტამდე ცხიმწყავას, კერძოდ C 16 -პალმიტინის მჟავა, C 17-ჰეპტადეკან მჟავა, C 18- ლინოლენის მჟავა (C18:2n6c) ცის-ლინოლის მჟავა (ომეგა-6), ოლეინის მჟავა (C18:1n9c), ელაიდური მჟავა (C18:1n9t), სტეარინის მჟავა (C18:0) (ცხ. №10).

ცხრილი №10. კარბონწყავათა კომპონენტური შემადგენლობა

პიკი	კომპონენტის დასახელება	შეკავების დრო (წთ)	ფართობი %
1	Tetradecanoate acid methyl ester (C14:0)	12,467	0.022±0.001
2	Palmitoleic acid methyl ester (C16:1)	15,083	0.563±0.015
3	Palmitic acid methyl ester (C16:0)	15,400	5.199±0.135
4	Heptadecanoic acid methyl ester (C17:1)	16,533	0.107±0.003
5	Heptadecanoic acid methyl ester (C17:0)	16,900	0.049±0.001
6	Linoleic acid methyl ester (C18:2n6c)	17,983	20.246±0.526
7	Oleic acid methyl ester (C18:1n9c)	18,167	71.487±1.859
8	Stearic acid methyl ester (C18:0)	18,500	1.967±0.051
9	Eicosapentaenoic acid methyl ester (C20:5n3)	21,400	0.059±.002
10	Eicosenoic acid methyl ester (C20:1)	21,850	0.177±0.005
11	Erucic acid methyl ester (C22:1)	24,233	0.080±0.002
12	Behenic acid methyl ester (C22:0)	25,367	0.025±0.001
13	Nervonic acid methyl ester (C24:1)	30,900	0.019±0.001

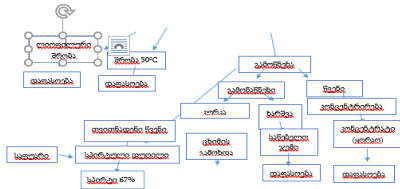
დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ ტყემლის კურკიდან მიღებული ზეთის შემადგენლობაში C18 კარბონწყვეტი დომინანტია, მათი შემცველობა ცხიმის საერთო შემცველობის 92,685%-ს შეადგენს. კერძოდ დომინანტ კარბონწყვეტს წარმოადგენენ ოლეინის მჟავა (C18:1n9c) 61,488%-ს შემცველობით.

**ტყემლის ნაყოფის გადამუშავების პროდუქტებში ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ცვლილებების ქრომატოგრაფიული შესწავლა**

ტყემლის ნაყოფი მალფუჟებადი ხილია თავისი ნაზი სტრუქტურის გამო. ეს კი მოითხოვს მოსავლის აღების შემდგომ შენახვასა და გადამუშავებას ტემპერატურული პირობების კონტროლით. რაც ხელს შეუწყოს ტყემლის გადამუშავების შემდგომ მის მოხმარებას მთელი წლის განმავლობაში. ტყემალი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების მაღალი შემცველობით ხასიათდება და შესაბამისად, მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობით გამოირჩევა. გადამუშავება და პროდუქციის შენახვა მოითხოვს ოპტიმალური პირობების დაცვას, რითაც მაქსიმალურად იქნება შენარჩუნებული ნედლეულის ხარისხი.

ტყემლის ნაყოფში ინდივიდუალური ნაერთების იდენტიფიკაციის შემდგომ საინტერესო იყო თუ როგორ ხდება მათი გადანაწილება ნაყოფის სხვადასხვა ნაწილში- კანი, რბილობი, წვენი, ასევე რა ცვლილებები მიმდინარეობს ნაყოფის გადამუშავების დროს.

# ტყემლის ნაყოფი



**სქემა 2. ტყემლის ნაყოფის გადამამუშავება**

**ტყემლის ნაყოფის გადამამუშავება.** საანალიზოდ მოწოდებული ნიმუშის საერთო მასა შეადგენდა 20 კგ, სადაც ნაყოფი - 19,7 კგ (საერთო მასის 98.5%), ფოთოლი და ყუნწი - 0,3 კგ (საერთო მასის 1.5%) წარმოადგენდა.

ტყემლის ნაყოფის ბიოლოგიურ აქტივობას განსაზღვრავს მაღალი ანტიოქსიდანტური ანტოციანები, ფენოლკარბონმჟავები და ფლავონები. ტყემლის ნაყოფში მათი გადაწევა არათანაბარია. ფენოლური ნაერთები მაღალი კონცენტრაციითაა ნაყოფის კანში (14752.15მგ/კგ), საიდანაც ძირითადი ნაწილი კატექინები (11889.02მგ/კგ) და ანტოციანები (პროანტოციანები). ნაყოფის ფენოლური ნაერთების წყალში ხსნადი ფორმების სიჭარბის გამო წვეწვში ფენოლური ნაერთების 70%-მდე გადადის, მსგავსი სურათია სხვა ნაერთებთან მიმართებაშიც.

ტყემლის ნაყოფისა და მისგან მიღებული პროდუქტების ბიოაქტიური ნაერთები მნიშვნელოვან ცვლილებებს განიცდის ნაყოფის თერმული დამამუშავების დროს. მურაბის მომზადებისას მათი შემცველობა 10-ჯერ მცირდება, ჯემში კი 5-ჯერ და მეტჯერ მცირდება. ნაწილობრივ ამის მიზეზი დამატკობელის (შაქარი; გლუკოზა და სხვა) გამოყენებაა, მაგრამ ძირითადი ზეგავლენა სწორედ მაღალი ტემპერატურა

ცხრილი 11. ტყემლის ნაყოფისა და მისგან მიღებული პროდუქტების ბიოაქტიური ნაერთები

ნიმუში	ფენოლოგი შ.მ. გადანგ. მგ/100გ	ფლავონოი დები მგ/100გ	ანტოციანე ბი მგ/100გ	ლეიკოანტო ციანები მგ/100გ	კატეჩინები მგ/100გ	AA 0.1 mM DPPH 50% ინჰიბირება
მთლიანი ნაყოფი	10804.99±324.14	384.05±11.52	656.20±26.24	210.37±7.99	8930.80±267.92	9.56±0.28
რბილობი	10679.03±341.72	412.93±14.03	483.07±18.35	173.11±6.23	7902.57±252.88	8.22±0.263
კანი	14752.15±501.57	267.18±9.61	1662.96±59.8 6	608.61±20.69	11889.02±428.0 0	4.71±0.160
ანაწეხი	7766.38±295.12	307.63±11.07	784.10±26.65	235.27±7.05	6770.34±257.27	9.50±0.361
ჯემი	2108.82±73.8087	43.25±1.64	117.48±3.75	42.02±1.34	1502.63±60.105 2	11.99±0.35
მურაბა	1410.25±50.769	24.40±0.73	18.01±0.54	13.20±0.46	473.49±17.04	18.68±0.67
ყორაო	16335.62±620.75	490.45±15.69	2326.87±81.4 4	435.46±16.54	12242.90±428.5 0	2.12±0.08
წვენი	7313.08±277.89	264.829.53	481.18±17.32	162.96±4.88	6215.60±223.76	30.56±0.97
საწებელი	11392.49±387.34	233.25±8.397	726.06±23.23	239.46±8.62	8762.35±297.91	4.56±0.173
ტყლაპი	5496.02±175.87	182.01±6.55	371.62±11.14	126.82±4.56	4896.89±176.28	6.90±0.276

**წვენის მიღება.** ტყემლის წვენი მიიღება ცივი დაწნხით ან ბლანშირების შემდეგ. კარგად დამწიფებულ ნაყოფს ცილდება კურკა (კურკა გამკლელი დანადგარი) და შემდგომ დაქუცმაცებული მასა დავწნიხეთ. მიღებული მასა გავფილტრეთ. მეორე ვარიანტი ნაყოფის ბლანშირება მწვავე ორთქლით ან მცირე რაოდენობით წყალთან გაცხელებით. ცხელი მასის დაყოვნებით და წვენის განშრევების შემდეგ მისი მოცილებით. წვენის გამოსავალი ცივი დაწნხის დროს შეადგენდა 60 – 62,5 %, მიღებულ წვენში წყალში ხსნადი ნაერთები - Brix იყო 7,9 – 8,1 % ((ექსტრაქტული ნაერთები 7,3 – 7,35 %), ტიტრული მჟავიანობა 5,21 – 5,24 %. ანტოციანების შემცველობა 140 - 145 მგ/ლ. ბლანშირებით მიღებული წვენის გამოსავალი შეადგენდა 60 – 62,5 %, მიღებულ წვენში წყალში ხსნადი ნაერთები - Brix იყო 7,9 – 8,1 % ((ექსტრაქტული ნაერთები 7,3 – 7,35 %), ტიტრული მჟავიანობა 5,21 – 5,24 %. ანტოციანების შემცველობა 140 - 145 მგ/ლ. წვენის გარკვეული ნაწილი რბილობია (ცივი დაწნხისას 30 %, ბლანშირებისას 33 %). ანარჩენის სახით რჩება კურკა (15-17%) და კანი რბილობით (3-5%-მდე).

**წვენის კონცენტრატის წარმოება** - წვენი დაკონცენტრირებულ იქნა ვაკუუმის პირობებში (40 – 45 ° C ტემპერატურაზე). კონცენტრატის წარმოება წვენის მოცულობას ამცირებს 7 (Brix 55%) - 9 ჯერ (Brix 60%), რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს შესანახი ნედლეულის მოცულობას. წვენის კონცენტრატში მაქსიმალურად არის შენარჩუნებული ანტოციანები შემცველობა-1305 – 1685 მგ/კგ.

ტყემლის წვენში წყალში ხსნადი ნაერთები ე.წ. Brix იყო 10-11%-მდე, ანტოციანების შემცველობა 191,67 მგ/ლ. წვენი გამოყენებულ იქნა, როგორც **ტყემლის „ღვინო“**

**მასალა**, შესაბამისად დამატებულ იქნა კულტურული საფუარი და აქტივატორი, მიღებულ „ღვინოში“, ანტოციანების შემცველობა 188,02 მგ/ლ. ალკოჰოლური დუღილის შედეგად დაგროვდა 5,5,-6 %-მდე ეთილის სპირტი. დადუღებული მასა გაფილტვრის შემდეგ გადავდენეთ (ვაკუუმის პირობებში). გადანადენში- ტყემლის არაყში ეთილის სპირტის შემცველობა 55%-მდეა (მეორადი გადადენით). ჩავატარეთ სხვადასხვა მეთოდით მიღებული ტყემლის არაყის კვლევა. ვაკუუმის პირობებში მიღებული კონცენტრატი ინარჩუნებს სასიამოვნო საგემოვნო თვისებებს და გამოვიყენეთ ტყემლის საწებელის მომზადებისას რბილობის შემავსებლად.

ტყემლის ნაყოფის დაწნების შემდე დარჩენილი **ანაწინები** წარმოადგენს საერთო მასის დაახლოებით 20%. მისი ძირითადი ნაწილი ცხიმი შემცველი (39 % ცხიმი) კურკაა.

### **ტყემლის არაყის აირ-სითხური ქრომატოგრაფიული კვლევა.**

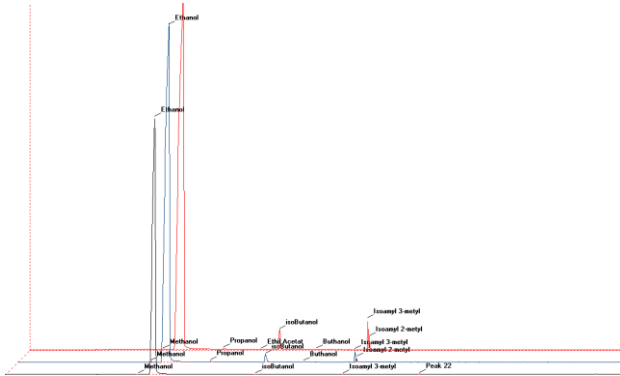
ტყემლის წვენის და სხვა პროდუქტების სპირტული დუღილი წარიმართა სპონტანური საფუარის გამოყენებით (დაახლოებით 15-20 დღე). გადადენით მიღებულ ტყემლის დისტილატს კვლევა ჩატარდა აირ-სითხური ქრომატოგრაფის (TRACET<sup>TM</sup> 1310 Gas Chromatograph – Thermo Scientific) საშუალებით. ქრომატოგრაფირება მიმდინარეობდა ქრომატოგრაფიულ კაპილარულ სვეტზე - SGE BPX5 Capillary GC Column 30 მ სიგრძის, 0,25 მმ დიამეტრის და 0,25 მკმ უძრავი ფაზის ნაწილაკების ზომით. უძრავ ფაზას წარმოადგენდა **5% Phenyl Polysilphenylene-siloxane**.

ქრომატოგრაფირებისას მოძრავ ფაზას წარმოადგენს ჰელიუმი, რომლის სიჩქარის გრადიენტი შეადგენს: 1) 5 წუთი 0,500 მლ/წუთში, 2) 2 წუთი 0,700 მლ/წუთში, 3) 2 წუთი 1,000 მლ/წუთში, 4) 20,5 წუთი 2,000 მლ/წუთში. საკვლევი ნიმუშის ინჟექტირება ხორციელდებოდა SGE Analytical Science ფირმის 10 მკლ მიკროშპრიცის მეშვეობით.

ინჟექტორის ტემპერატურული რეჟიმი წარმოადგენდა 250°C-ს, ხოლო, სვეტში შესაყვანი ნიმუშის ჰელიუმის ნაკადში დაყოფა ხორციელდებოდა 1/300 თანაფარდობით.

ქრომატოგრაფირება ხორციელდებოდა ტემპერატურულ გრადიენტში ორ ეტაპად. კერძოდ ქრომატოგრაფირება დავიწყეთ 28°C -ზე, რომელიც მიმდინარეობდა 8 წუთის განმავლობაში. მეორე ეტაპზე 20 (°C/წუთში) სიჩქარით იზრდებოდა 280°C-მდე და ქრომატოგრაფირება გრძელდებოდა 7 წუთი. ქრომატოგრაფირების სრული დრო შეადგენდა 27,60 წუთს.

ქრომატოგრაფირების მეშვეობით დაყოფილი სპირტების დეტექტირება ხდებოდა ალურ-იონიზაციურ დეტექტორზე. დეტექტორის ტემპერატურა შეადგენდა 300°C -ს, წყალბადის მიეწოდებოდა 35 მლ/წთ., ჰაერი 300 მლ/წთ., აირების განდევნა ხორცილდებოდა ჰელიუმით 30 მლ/წთ. დეტექტორის სამუშაო რეჟიმი დიაგრამის სახით მოცემულია სურათ 53-ზე.



სურათი № 53 ტყემლის არაყი GC ქრომატოგრამა

ა-პექტინ მოცილებული; ბ-ტყემლის წვენი; გ- ტყემლის წვენის და რბილობის ნარევის

ტყემლის არაყი მიღებული იყო რამდენიმე მეთოდის გამოყენებით, რათა დაგვედგინა მეთანოლის შემცველობაზე მადულარა მასაში პექტინის შემცველობის კავშირი. საინტერესოა, რომ წვენიდან პექტინის მოცილებას არ გამოიწვია მიღებულ არაყში მეთანოლის შემცველობის შემცირება, პირიქით ის რამდენადმე მეტია (0.085%) ვიდრე ტყემლის წვენის (0.053 %) და ტყემლის წვენისა და რბილობისაგან მიღებულ არაყში (0.053). ამ მიმართულებით კვლევები გასაგრძელებელია. მაგრამ სხვა კომპონენტების შემცველობა მნიშვნელოვნად მცირდება პროპანოლი არ დეტექტირდება, მაშინ როდესაც სხვა ნიმუშებში 0.1 %-მდეა. მნიშვნელოვანი სხვაობაა ბუთანოლის შემცველობაშიც 0.05% და 0.9 და 1.9 % შესაბამისად წვენიანსა და რბილობიანში. ასეთივე სურათია იზოამილის წარმოებულების შემთხვევაშიც. პექტინ მოცილებული მასიდან მიღებულ არაყში ის პრაქტიკულად არაა, მაშინ როდესაც სხვა ნიმუშებში ჯამურად თითქმის 2 %-ზე მეტია.



ცხრილი 12. ტყემლის არაყის ძირითადი კომპონენტები

№	კომპონენტის დასახელება	ტყემლის არაყი პექტინ მოცილებული	ტყემლის არაყი	ტყემლის წვენის	ტყემლის წვენის და რბილობის არაყი
1	მეთანოლი	0.085±0.002	0.053±0.001		0.053±0.002
2	ეთანოლი	99.764±3.192	99.075±3.368		96.2012.886
3	პროპანოლი	0.	0.107±0.004		0.094±0.003
4	ეთილ აცეტატი	0	0		0.027±0.001
5	იზო ბუთანოლი	0.054±0.001	0.914±0.031		1.978±0.069
6	ბუთანოლი	0	0.018±0.0005		0.033±0.001
7	იზომამილ 3-მეთილი	0.060±0.002	0.603±0.021		1.117±0.040
8	იზომამილ 2-მეთილი	0	0.231±0.008		0.495±0.018
9	Peak 22	0.037±0.001	0		0

**ფენოლური ნაერთების ცვლილებები დამუშავების დროს**

ტყემლის ნაყოფში ფენოლური ნაერთების ცალკეული წარმომადგენლის ცვლილება დამუშავების მეთოდებიდან გამომდინარე სხვადასხვა გზით ხდება. ანთოციანებზე თერმული მოქმედების შედეგად მათი შემცველობა მნიშვნელოვნად მცირდება რაოდენობრივად. მათი შემცველობა ჯემში თითქმის 30-ჯერ მცირდება. ასევე 10-ჯერ შემცირდა საწებელში და 4-ჯერ კონცენტრატში (ყორაო) (ცხ. 13).

ტყემლის პროდუქტების ანტოციანები ცხრილი №13

დასახელება	Cy-gal	Cy-rut	Peo-rut	სულ მგ/გ
მთლიანი ნაყოფი	70.300±2.109	57.7±1.846	21.128±0.8451	151.001±4.530
რბილობი	7.551±0.241	5.289±0.190	2.742±0.082	17.581±0.597
წვენი	9.268±0.296	5.541±0.210	2.466±0.093	17.983±0.539
კანი	60.309±1.929	31.025±1.241	135.158±4.325	393.669±4.738
ტყლაპი ტრადიციული	1.743±0.055	1.968±0.074	1.684±0.058	5.395±0.178
ტყლაპი ლიოფილურად გამშრალი	9.934±0.349	3.706±0.101	26.873±0.811	47.094±1.695
ყორაო ვაკუუმით	7.398±0.251	16.892±0.641	4.806±0.144	43.796±1.532
ყორაო ტრადიციული	3.903±0.156	10.246±0.327	3.384±0.121	41.538±1.453
მურაბა	0.818±0.024	3.365±0.107		6.049±0.205
ტყემლის საწებელი A	1.574±0.059	5.058±0.202	2.59±0.093	15.682±0.548
ტყემლის საწებელი C	10.470±0.353	13.195±0.501	2.903±0.087	30.049±0.967
ტყემლის საწებელი ლიოფილურად გამშრალი A	9.606±0.344	14.77±0.485	69.771±2.132	138.819±4.355

ტყემლის პროდუქტების ფენოლკარბონ მჟავები, კატექინები და პროანტოცინები  
ცხრილი №14

დასახელება	ნეოქლოროგენის მჟავა	ქლოროგენის მჟავა	(+)-კატექინი	პროციანიდინი A2	სულ მგ/გ
მთლიანი ნაყოფი	0.47±0.016	0.46±0.017	0.2±0.006	0.052±0.001	1.182±0.02
რბილობი	0.13±0.004	0.24±0.009	0.03±0.0009	0.010±0.0035	0.41±0.01
წვენი	0.59±0.023	0.79±0.025	0.49±0.018	0.011±0.004	1.881±0.03
კანი	0.21±0.007	0.07±0.002	0.09±0.003	0.01±0.004	0.384±0.011
ტყლაპი ტრადიციული	0.09±0.003	0.14±0.005	0.07±0.002	0.003±0.0001	0.303±0.009
ტყლაპი ლიოფილურად გამშრალი	0.61±0.023	1.35±0.047	0.3±0.01	0.017±0.0006	2.277±0.033
ყორაო ვაკუუმით	0.09±0.002	0.17±0.005	0.08±0.002	0.003±0.0001	0.26±0.009
ყორაო ტრადიციული	0.09±0.003	0.16±0.006	0.07±0.002	0.003±0.0001	0.25±0.008
მურაბა	0.149±0.005	0.415±0.013	0.02±0.0007	0.003±0.0001	0.567±0.015
ტყემლის საწებელი A	0.04±0.001	0.11±0.003	0.02±0.0007	0.003±0.0001	0.15±0.004
ტყემლის საწებელი C	1.32±0.050	1.02±0.040	0.2±0.007	0.003±0.0001	2.413±0.07
ტყემლის საწებელი ლიოფილურად გამშრალი A	1,37±0.041	1.69±0.050	0.07±0.002	0.003±0.0001	3.15±0.085

ტყემლის პროდუქტების კვერცეტინის წარმოებულები ცხრილი №15

დასახელება	რუთინი	კვერცეტინ-3-O-გლუკოზიდი	კვერცეტინ-3-O-პენტოზიდი	სულ მგ/გ
მთლიანი ნაყოფი	1.27±0.038	0.75±0.03	0.91±0.029	2.93±0.087
რბილობი	0.31±0.009	0.56±0.016	0.8±0.027	1.67±0.053
წვენი	0.46±0.015	1.29±0.041	1.28±0.046	3.03±0.103
კანი	0.09±0.003	0.31±0.0105	0.16±0.006	0.56±0.020
ტყლაპი ტრადიციული	0.13±0.004	0.21±0.007	0.27±0.009	0.61±0.023

ტყლაპი ლიოფილურად გამშრალი	0.96±0.038	2.75±0.1045	0.345±0.013	4.055±0.141
ყორაო ვაკუუმით	0.023±0.0006	0.152±0.006	0.029±0.0009	0.204±0.007
ყორაო ტრადიციული	0.018±0.0005	0.117±0.003	1.47±0.049	1.605±0.060
მურაბა	0.32±0.0108	0.7±0.0245	0.47±0.016	1.49±0.059
ტყემლის საწებელი A	1.13±0.0406	0.78±0.029	0.4±0.015	2.31±0.08
ტყემლის საწებელი C	0.04±0.001	0.04±0.001	0.1±0.0004	0.18±0.005
ტყემლის საწებელი ლიოფილურად გამშრალიA	0.32±0.012	0.31±0.009	0.01±0.0004	0.64±0.024

ტყემლის ნაყოფში ნეოქლოროგენის და ქლოროგენის მჟავები დომინანტი ნაერთებია (მთლიან ნაყოფში 0.47 და 0.46 მგ/გ შესაბამისად). თუმცა ტემპერატურის ზემოქმედება აქაც უარყოფითად მოქმედებს. მურაბაში მათი შემცველობა ნახევარზე ნაკლებია, საწებელში კი სანელებლების და მასის კონცენტრირების ხარჯზე მატულობს. ტრადიციულ ტყლაპში მნიშვნელოვნად კლებულობს, მაშინ როდესაც ლიოფილურად გამშრალში თითქმის 10-ჯერ მეტია (ცხრილი 14).

ტყემლის ნაყოფში მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა კვერცეტინის წარმოებული ფლავონოიდური გლიკოზიდები (რუთინი, კვერცეტინ-3-0-გლუკოზიდი და პენტოზიდი. ტემპერატურის ზემოქმედება აქაც უარყოფით ზეგავლენას ახდენს, ამცირებს მათ შემცველობას (ცხრილი 15).

## დასკვნები:

1. შესწავლილია დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული ტყემლის (*Prunus cerasifera Ehrh*) ზოგიერთი ველური ფორმის (5 ფორმა) და კულტურული ჯიშის (5ჯიში) ნაყოფის ტექნიკური მახასიათებლები და წვენი ზოგიერთი ფიზიოქიმიური მაჩვენებლები, რის საფუძველზეც დადგენილ იქნა, რომ ნაყოფი პასუხობს სტანდარტის მოთხოვნებს;

შესწავლილია ტყემლის ნაყოფის ზოგიერთი ველური ფორმის და კულტურული ჯიშის ქიმიური შედგენილობა HPLC პრეპარატული კოლექტორის და UPLC PDA-MS დეტექტორის გამოყენებით. ინდივიდუალურად გამოყოფილი და იდენტიფიცირებული იქნა 4 კარბონმჟავა (ვაშლ მჟავა, ქუინის მჟავა, ლიმონმჟავა და გალაქტურონის მჟავა) და 3 ნახშირწყალი (გლუკოზა, ფრუქტოზა და საქაროზა);

2. ტყემლის ნაყოფის ზოგიერთი ველური ფორმის და კულტურული ჯიშის ყველა შესწავლილ შემთხვევაში, რაოდენობრივად, ვაშლ მჟავა ჭარბობს სხვა კარბონმჟავების შემცველობას და მათი საერთო რაოდენობის 55–60%-მდეა. ქუინის მჟავა გროვდება მჟავათა მთელი მასის 20-25%-მდე, ხოლო ლიმონის მჟავა უმნიშვნელო რაოდენობითაა (საერთო მასის 5%-მდე). ამ ნაერთების უდიდესი რაოდენობა გადადის წვენში (85-90%);

3. ტყემლის ნაყოფის ზოგიერთი ველური ფორმის და კულტურული ჯიშის შესწავლილის შემთხვევაში წითელ ნაყოფა მწვანე ფოთლიან ჯიშებში და ფორმებში გლუკოზა დომინანტია და ნახშირწყლების შემცველობის 50%-ზე მეტია, ხოლო წითელ ფოთლიან ფორმებში დომინანტი საქაროზაა (60%-მდე). ტყემლის ნაყოფის წვენში შაქარ/მჟავა ინდექსი 4-ზე ნაკლებია;

4. წითელნაყოფა ტყემლის ნაყოფის ზოგიერთი ველური ფორმის და კულტურული ჯიშის რბილობისგან, წვენი და გამონაწნეხისგან იდენტიფიცირებულია 5 ანტოციანური აგლიკონი (ციანიდინი; პეონიდინი; პეტუნდინი; მალვიდინი; პელარგონიდინი) და ანტოციანიდინი (ციანიდინ-3-0-გალაქტოზიდი; ციანიდინ-3-0-გლუკოზიდი; ციანიდინ-3-0-რუთინოზიდი; პეონიდინ-3-0-რუთინოზიდი; მალვიდინ-3-0-პარა-კუმაროილ გლუკოზიდი). დომინანტ ნაერთს ყველა შემთხვევაში წარმოადგენდა ციანიდინის წარმოებულები (ციანიდინ-3-0-რუთინოზიდი) და იგი შეადგენს შესაბამისად რბილობში, წვენსა და გამონაწნეხში 25.6მგ/კგ–9.6მგ/კგ–12.48მგ/კგ-ს.

5. დადგენილია ტყემლის ზოგიერთი ველური ფორმის და კულტურული ჯიშის ნაყოფში კატეჰინისა და ეპიკატეჰინის შემცველობა, ასევე პროციანიდინები B1 და C1-ის არსებობა. ამ ნაერთების ჯამური შემცველობა 8930.80 მგ/ 100გ-შია (მ.მ.გ.)

6. ფლავონოიდური გლიკოზიდებიდან იდენტიფიცირებულია აპიგენინ 7-გლუკოზიდი; ლუტეოლინ-7-გლუკოზიდი; რუთინი (კვერცეტინ-3-რუტინოზიდი); კვერცეტინ-3-O-გლუკოზიდი; კვერცეტინ-3-O არაბინოზიდი და აგლიკონი კვერცეტინი; მათი ჯამური შემცველობა 384.05 მგ/100 გ-მდეა;

7. ტყემლის ნაყოფი მდიდარია ფენოლკარბონჰაქავებით; იდენტიფიცირებულია კუმაროილქუინის მჟავა; ნეოქლოროგენის მჟავა; ქლოროგენის მჟავა;

8. ტყემლის ნაყოფში იდენტიფიცირებულია სტილბენი რესვერატროლი;

9. HPLC მეთოდით კონდუქტომეტრული დეტექტორის გამოყენებით დადგენილია, რომ ტყემლის წვენების კათიონებიდან დომინანტი კალიუმის იონებია (2160.5±49.69ppm). ტყემლის წვენებში ასევე ფიქსირდება კალციუმის 536-1000.02 ppm, და მაგნიუმის 536.73±12.34 ppm.

10. შემუშავდა ტყემლის ნაყოფის გადამუშავების კომპლექსური ტექნოლოგია, რომელიც იძლევა საშუალებას, ტყემლის წვენი გამოყენებული იქნას „ტყემლია არაყის „ მისაღებად, ხოლო კონცენტრატი შემდგომში გამოყენებული იქნას შემავსებლად;

11. დადგენილია, რომ ტყემლის კურკა შეიცავს 40-45 %-მდე ცხიმს, რომელიც ძირითადად უჯერი ლინოლისა და ოლეინის მჟავებითაა წარმოდგენილი.

12. ტყემლის არაყის შემუშავებული ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა შემცირდეს მეთანოლის და მაღალი რიგის სპირტების შემცველობა;

1. Jawad, M.; Ali, M.; Qasim, S.; Akbar, A.; Khan, N. A.; Sadiq, M. B. Determination of Phenolic Compounds and Bioactive Potential of Plum (*Prunus Salicina*) Peel Extract Obtained by Ultrasound-Assisted Extraction. *BioMed Res. Int.* **2022**, *2022*, 7787958. <https://doi.org/10.1155/2022/7787958>.

1. Wang, Y.; Chen, X.; Zhang, Y.; Chen, X. Antioxidant Activities and Major Anthocyanins of Myrobalan Plum (*Prunus Cerasifera* Ehrh.). *J. Food Sci.* **2012**, *77* (4), C388–C393. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02624.x>.

2. Celik, F.; Gundogdu, M.; Alp, S.; Muradoglu, F.; Ercişli, S.; Gecer, M. K.; Canan, I. Determination of Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Organic Acids Contents of *Prunus Domestica* L., *Prunus Cerasifera* Ehrh. and *Prunus Spinosa* L. Fruits by HPLC. *Acta Chromatogr.* **2017**, *29* (4), 507–510. <https://doi.org/10.1556/1326.2017.00327>.

3. Hu, T.; Subbiah, V.; Wu, H.; BK, A.; Rauf, A.; Alhumaydhi, F. A.; Suleria, H. A. R. Determination and Characterization of Phenolic Compounds from Australia-Grown Sweet Cherries (*Prunus Avium* L.) and Their Potential Antioxidant Properties. *ACS Omega* **2021**, *6* (50), 34687–34699. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05112>.

4. Sottile, F.; Napolitano, A.; Badalamenti, N.; Bruno, M.; Tundis, R.; Loizzo, M. R.; Piacente, S. A New Bloody Pulp Selection of Myrobalan (*Prunus Cerasifera* L.): Pomological Traits, Chemical Composition, and Nutraceutical Properties. *Foods* **2023**, *12* (5), 1107. <https://doi.org/10.3390/foods12051107>.

5. Saraswathi, K.; Sivaraj, C.; Arumugam, P. Antioxidant and Antibacterial Activities of Ethanol Fruit Extract of Cherry Plum - Prunus Cerasifera Ehrh. *J. Drug Deliv. Ther.* **2020**, *10* (1-s), 45–50. <https://doi.org/10.22270/jddt.v10i1-s.3851>.
6. Liaudanskas, M.; Okulevičiūtė, R.; Lanauskas, J.; Kviklys, D.; Zymonė, K.; Rendyuk, T.; Žvikas, V.; Uselis, N.; Janulis, V. Variability in the Content of Phenolic Compounds in Plum Fruit. *Plants* **2020**, *9* (11), 1611. <https://doi.org/10.3390/plants9111611>.
7. Valderrama-Soto, D.; Salazar, J.; Sepúlveda-González, A.; Silva-Andrade, C.; Gardana, C.; Morales, H.; Battistoni, B.; Jiménez-Muñoz, P.; González, M.; Peña-Neira, Á.; Infante, R.; Pacheco, I. Detection of Quantitative Trait Loci Controlling the Content of Phenolic Compounds in an Asian Plum (Prunus Salicina L.) F1 Population. *Front. Plant Sci.* **2021**, *12*.
8. Abraão, A. S.; Fernandes, N.; Silva, A. M.; Domínguez-Perles, R.; Barros, A. Prunus Lusitânica L. Fruits as a Novel Source of Bioactive Compounds with Antioxidant Potential: Exploring the Unknown. *Antioxidants* **2022**, *11* (9), 1738. <https://doi.org/10.3390/antiox11091738>.
9. Fratianni, F.; d'Acerno, A.; Ombra, M. N.; Amato, G.; De Feo, V.; Ayala-Zavala, J. F.; Coppola, R.; Nazzaro, F. Fatty Acid Composition, Antioxidant, and in Vitro Anti-Inflammatory Activity of Five Cold-Pressed Prunus Seed Oils, and Their Anti-Biofilm Effect Against Pathogenic Bacteria. *Front. Nutr.* **2021**, *8*, 775751. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.775751>.
10. Savic Gajic, I.; Savic, I.; Cekić, N.; Đorđević, D.; Bogičević, M. The Valorization of Plum Seed Oil for the Development of Topical Formulation. *Adv. Technol.* **2022**, *11*, 22–31. <https://doi.org/10.5937/savteh2201022S>.
11. Wang, Y.; Chen, X.; Zhang, Y.; Chen, X. Antioxidant Activities and Major Anthocyanins of Myrobalan Plum (Prunus Cerasifera Ehrh.). *J. Food Sci.* **2012**, *77* (4), C388–C393. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02624.x>.
12. Celik, F.; Gundogdu, M.; Alp, S.; Muradoglu, F.; Erçişli, S.; Gecer, M. K.; Canan, I. Determination of Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Organic Acids Contents of Prunus Domestica L., Prunus Cerasifera Ehrh. and Prunus Spinosa L.
13. Moscatello, S.; Frioni, T.; Blasi, F.; Proietti, S.; Pollini, L.; Verducci, G.; Rosati, A.; Walker, R. P.; Battistelli, A.; Cossignani, L.; Famiani, F. Changes in Absolute Contents of Compounds Affecting the Taste and Nutritional Properties of the Flesh of Three Plum Species Throughout Development. *Foods* **2019**, *8* (10), 486. <https://doi.org/10.3390/foods8100486>.
14. Sottile, F.; Napolitano, A.; Badalamenti, N.; Bruno, M.; Tundis, R.; Loizzo, M. R.; Piacente, S. A New Bloody Pulp Selection of Myrobalan (Prunus Cerasifera L.): Pomological Traits, Chemical Composition, and Nutraceutical Properties. *Foods* **2023**, *12* (5), 1107. <https://doi.org/10.3390/foods12051107>.
15. Sarıdaş, M. A.; Kafkas, E.; Zarifikhosroshahi, M.; Bozhaydar, O.; Paydaş Kargı, S. Quality Traits of Green Plums (Prunus Cerasifera Ehrh.) at Different Maturity Stages. *Turk. J. Agric. For.* **2016**, *40*, 655–663. <https://doi.org/10.3906/tar-1603-45>.
16. Smilagić, A.; Veljović, S.; Gašić, U. M.; Dabić-Zagorac, D.; Stanković, M.; Radotić, K.; Natić, M. Phenolic Profile, Chromatic Parameters and Fluorescence of Different Woods Used in Balkan Cooperage. *Ind. Crops Prod.* **2019**, *132*, 156–167. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.017>.

17. Phenolic profile of pollen collected from different "Oblačinska" sour cherry (*Prunus cerasus* L.) clones / *International Society for Horticultural Science*. [http://www.actahort.org/books/1235/1235\\_53.htm](http://www.actahort.org/books/1235/1235_53.htm) (accessed 2023-03-17).
18. Celik, F.; Gundogdu, M.; Alp, S.; Muradoglu, F.; Ercişli, S.; Gecer, M. K.; Canan, I. Determination of Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Organic Acids Contents of *Prunus Domestica* L., *Prunus Cerasifera* Ehrh. and *Prunus Spinosa* L. Fruits by HPLC. *Acta Chromatogr.* **2017**, *29*(4), 507–510. <https://doi.org/10.1556/1326.2017.00327>.
19. Chemical Composition of Fruit in Myrobalan Genotypes (*Prunus Cerasifera* Ehrh.) of the Gornje Polimlje Region. *Vocartstvo* **2007**, *41* (1), 57–61.
20. Chemical Composition of the Fruit of Georgian Myrobalan Plum from the Krasnodar Territory Varieties of *Prunus Cerasifera* Ssp. *Georgica*.1. *Tr. Po Prikl. Bot. Genet. Sel.* **1981**, *3*, 90–93.
21. Gündeşli, M. A.; Uğur, R.; Palaz, E. B. PCPM (*Prunus Cerasifera* X *Prunus Microcarpa*) Hybrid Rootstock Candidate: Identification and Production Possibilities with Hardwood Cutting. *Int. J. Agric. Environ. Food Sci.* **2021**, 350.
22. Nečas, T.; Rampáčková, E.; Göttingerová, M.; Kiss, T.; Ondrášek, I. Evaluation of Non-Traditional Plum Cultivars for Growing in the Czech Conditions. *Acta Hort.* **2021**, No. 1322, 113–124. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1322.18>.
23. Górnaś, P.; Rudzińska, M.; Soliven, A. Industrial By-Products of Plum *Prunus Domestica* L. and *Prunus Cerasifera* Ehrh. as Potential Biodiesel Feedstock: Impact of Variety. *Ind. Crops Prod.* **2017**, *100*, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.02.014>.
24. [25] (24) Savic, I.; Savic Gajic, I.; Gajic, D. Physico-Chemical Properties and Oxidative Stability of Fixed Oil from Plum Seeds (*Prunus Domestica* Linn.). *Biomolecules* **2020**, *10* (2), 294. <https://doi.org/10.3390/biom10020294>.
25. Górnaś, P.; Rudzińska, M.; Raczek, M.; Mišina, I.; Soliven, A.; Lăciş, G.; Segliņa, D. Impact of Species and Variety on Concentrations of Minor Lipophilic Bioactive Compounds in Oils Recovered from Plum Kernels. *J. Agric. Food Chem.* **2016**, *64* (4), 898–905. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05330>.
26. Krist, S. Plum Kernel Oil. In *Vegetable Fats and Oils*; Krist, S., Ed.; Springer International Publishing: Cham, 2020; pp 599–603. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30314-3\\_95](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30314-3_95).
27. Saeed, A.; Hanif, M. A.; Nawaz, H.; Qadri, R. W. K. The Production of Biodiesel from Plum Waste Oil Using Nano-Structured Catalyst Loaded into Supports. *Sci. Rep.* **2021**, *11* (1), 24120. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03633-w>.
28. Saraswathi, K.; Sivaraj, C.; Arumugam, P. Antioxidant and Antibacterial Activities of Ethanol Fruit Extract of Cherry Plum - *Prunus Cerasifera* Ehrh. *J. Drug Deliv. Ther.* **2020**, *10* (1-s), 45–50. <https://doi.org/10.22270/jddt.v10i1-s.3851>.
29. Saeed, A.; Hanif, M. A.; Nawaz, H.; Qadri, R. W. K. The Production of Biodiesel from Plum Waste Oil Using Nano-Structured Catalyst Loaded into Supports. *Sci. Rep.* **2021**, *11* (1), 24120. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03633-w>.
30. Celik, F.; Gundogdu, M.; Alp, S.; Muradoglu, F.; Ercişli, S.; Gecer, M. K.; Canan, I. Determination of Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Organic Acids Contents of *Prunus Domestica* L., *Prunus Cerasifera* Ehrh. and *Prunus Spinosa* L. Fruits

- by HPLC. *Acta Chromatogr.* **2017**, *29* (4), 507–510.  
<https://doi.org/10.1556/1326.2017.00327>.
31. Gündüz, K.; Saraçoğlu, O. Variation in Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Prunus Cerasifera Ehrh. Selections from Mediterranean Region of Turkey. *Sci. Hort.* **2012**, *134*, 88.
  32. Liu, W.; Nisar, M. F.; Wan, C. Characterization of Phenolic Constituents from *Prunus Cerasifera* Ldb Leaves. *J. Chem.* **2020**, *2020*, e5976090.  
<https://doi.org/10.1155/2020/5976090>.
  33. BaoZhi, Z.; QunLu, L.; HuiTing, Z. Optimization of the ultrasonic extraction of anthocyanins from Prunus cerasifera leaves. *J. Shanghai Jiaotong Univ. - Agric. Sci.* **2013**, *31* (6), 41–47.
  34. Chen, F.-F.; Sang, J.; Zhang, Y.; Sang, J. Development of a Green Two-Dimensional HPLC-DAD/ESI-MS Method for the Determination of Anthocyanins from Prunus Cerasifera Var. Atropurpurea Leaf and Improvement of Their Stability in Energy Drinks. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2018**, *53* (6), 1494–1502. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13730>.
  35. Wei, L.; Farrukh, N. M.; Chunpeng, W. Characterization of Phenolic Constituents from Prunus Cerasifera Ldb Leaves. *J. Chem. Web* **2020**, *2020*.
  36. Jaffri, S. B.; Ahmad, K. S. Prunus Cerasifera Ehrh. Fabricated ZnO Nano Falcates and Its Photocatalytic and Dose Dependent in Vitro Bio-Activity: Photodegradation and Antimicrobial Potential of Biogenic ZnO Nano Falcates. *Open Chem.* **2018**, *16* (1), 141–154. <https://doi.org/10.1515/chem-2018-0022>.
  37. Shi, Z.; Jia, C.; Wang, D.; Deng, J.; Xu, G.; Wu, C.; Dong, M.; Guo, Z. Synthesis and Characterization of Porous Tree Gum Grafted Copolymer Derived from Prunus Cerasifera Gum Polysaccharide. *Int. J. Biol. Macromol.* **2019**, *133*, 964–970.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.128>.
  38. Song, W.; Qin, S.-T.; Fang, F.-X.; Gao, Z.-J.; Liang, D.-D.; Liu, L.-L.; Tian, H.-T.; Yang, H.-B. Isolation and Purification of Condensed Tannin from the Leaves and Branches of Prunus Cerasifera and Its Structure and Bioactivities. *Appl. Biochem. Biotechnol.* **2018**, *185* (2), 464–475. <https://doi.org/10.1007/s12010-017-2635-9>.
  39. Chemical Composition of the Fruit of Georgian Myrobalan Plum in the Krasnodar Region. *Tr. Po Prikl. Bot. Genet. Sel.* **1981**, *70* (3), 90–93.
  40. Inheritance of Chemical Composition of the Fruit in Hybrids of Myrobalan and Tkemali. *Materialy* **1981**, *4 go S"ezda Gruz o va genetikov i selektsionerov, Tbilisi, 18-20 noyab 1981*, 66–67.
  41. Baiashvili, E. Morphological Diversity of Georgian Forms of Prunus Cerasifera Ehrh.
  42. Kharadze, M.; Djaparidze, I.; Shalashvili, A.; Vanidze, M.; Kalandia, A. Phenolic Compounds and Antioxidant Properties of Some White Varieties of Grape Wines Spread in Western Georgia. **2018**, *12* (3).



**LEPL-Batumi Shota Rustaveli State University**  
**Faculty of Natural Sciences and Health**  
**Department of Chemistry**



Jeiran Putkaradze

**Determination of the chemical composition and antioxidant  
activity of biologically active compounds of *Prunus cerasifera*  
Ehrh**

Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for PhD Degree of  
Chemical Sciences

Specialty: Analysis of natural compounds

**Annotation**

**Batumi – 2023**

Dissertation has been performed in the Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Health of Batumi Shota Rustaveli State University.

Participation in Project of Shota Rustaveli National Science Foundation, Project AP/96/13 and PHDF-22-2895

**Scientific Adviser:**

**Aleko Kalandia**

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

**Dissertation Experts**

1. Giorgi Kvartskhava

Technical University of Georgia, professor

2. Anna Goletiani

Shota Rustaveli National Science Foundation,

"Horizon Europe" National office of Georgia.

Doctor of Chemistry (Organic Chemistry).

Visiting Professor of Technical University of Georgia

3. Merab Ardzenadze

Batumi Shota Rustaveli State University, Agrarian Sister

Institute of Membrane Technologies, Chemical Analysis and

Chief Scientific Officer of the Food Safety Department

Defense of the Dissertation will be held on ..... 2023, at ..... at the meeting of the Dissertation Council of Faculty of Natural Sciences and Health, Department of Chemistry, at the following address: Batumi, Ninoshvili Str. №35, Room №.....

The content of the Dissertation can be accessed at the Library of Batumi Shota Rustaveli State University (Batumi, Ninoshvili Str. №35), as well as on the website of the same university [www.bsu.edu.ge](http://www.bsu.edu.ge).

Shota Rustaveli State University of Natural Sciences

Faculty of Sciences and Health

Secretary of the Dissertation Board:

PhD in Biology, Assoc. Professor

**Nana Zarnadze**

## **Introduction.**

**Relevance of the work:** It is crucial for the economy of Georgia to identify the key areas for developing fruit production and its processing to ensure the provision of food to its citizens and export of high-quality, natural food products to the international market

The chemical composition of products indicates the quality of raw materials used for their production, emphasizing the significance of using superior quality raw materials to create high-quality products.. The chemical composition of products indicates the quality of raw materials used for their production, emphasizing the significance of using superior quality raw materials to create high-quality products.

Significant changes in people's lifestyles have resulted in the emergence of specific diseases and an increase in morbidity. Deficiencies in the structure and quality of nutrition have weakened the body's defence systems, rendering them incapable of adequately responding to environmental influences. This, in turn, dramatically increases the risk of developing many diseases.

Functional and therapeutic foods enhance the body's protective function, maintain and improve the body's condition, and reduce the risk of disease development, all due to ingredients that positively affect one or more physiological functions of a person.

One of the important factors in product assessment today is their antioxidant activity.. Compounds with such activity and products containing them may play an important role in reducing the risk of certain pathological conditions. Antioxidants neutralize free radicals and other compounds that cause degenerative reactions, making them beneficial for overall health

To understand the potential benefits of foods to human health, it is necessary to identify and quantify their biologically active compounds.

These compounds include vitamins, organic acids, anthocyanins, flavonoids, and others

The complexity of raw material processing and the study of processing waste are also of great importance. In particular, waste generated from the industrial processing of *Prunus cerasifera* Ehrh fruit can be considered an important source of nutraceuticals due to their low value and availability, which would otherwise be discarded as garbage into the environment. Wastes rich in bioactive compounds, which are unnecessary for modern production, can be processed as food additives and used in the development of functional products.

**Problem statement** - The current state of research in Georgia regarding *Prunus cerasifera* Ehrh fruits can be described as stagnant. There is no data available on their chemical composition, and the physical and chemical data available on *Prunus* fruits grown in Georgia are incomplete. Most of the research conducted on this topic was carried out 30-40 years ago using outdated technology. Despite several hundred scientific publications, not a single study on *Prunus* fruit or industrial waste by any Georgian scientist could be found.

The potential uses of plant raw materials and waste from processing enterprises in the country have not been fully explored due to a lack of research methods.

In Georgia, no studies have been conducted on the biologically active compounds of *Prunus* fruits or the potential use of products derived from them, including medicines.

Meanwhile, our literature review indicates that several dozen recent publications highlight the importance of the valorization of plant raw materials and processing waste through innovative technologies. It also stresses the need to apply the principles of a circular economy to reduce the negative environmental impact.

Considering the current food safety issues, it is crucial to optimize the methods for extracting the endemic plants in Georgia, develop

technologies for producing bioactive drugs, study their chemical composition using modern methods, and determine their prospects for practical applications.

Despite the popularity of *Prunus cerasifera* Ehrh and its fruit-derived products, there has been no study on the bioactive compounds of *Prunus* fruits and the chemical composition of its products, nor the changes that occur during processing in Georgia.

**Research Aim and Objectives:** The aim of this research was to study the chemical composition of wild-growing forms and cultivars of *Prunus cerasifera* Ehrh common in Georgia.

In order to achieve the aim of the present study, many research activities were carried out in accordance with the following objectives/tasks:

Task 1. Isolation and identification of biologically active compounds (phenolic compounds, essential oils, lipoid compounds of tkemali peel, etc.)

Task 2. The Study of the quantitative content of biologically active compounds;

Task 3. Determination of optimal conditions for processing raw materials

Task 4. Development of technology for obtaining concentrates and preparations rich in biologically active compounds from its products

Task 5. Determination of the chemical composition and antioxidant activity of biologically active compounds of products obtained during the processing of *Prunus* fruits.

**Scientific novelty.** Systematic studies were conducted in Georgia for the first time to determine the full chemical composition of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits, using chromatography-HPLC-UV, VIS, RI, UPLC-MS, FDA-GC, spectral analysis, infrared analysis, and classical physico-chemical analysis

Additionally, the qualitative and quantitative composition of bioactive compounds in Prunus were analyzed. It was possible to develop innovative technologies based on the application of the principles of the circular economy, aiming to increase the value of integrated fruit processing and waste management while reducing the environmental impact.

5 anthocyanins, 17 flavonoids and 15 phenolic acids were isolated and identified using other modern physical-chemical methods. In addition, 21 out of 24 components in the fatty oil extracted from the peel of tkemali were identified, and their quantitative content was determined.

**The practical significance of the work.** The composition of bioactive compounds and the biological activity of fruits and products obtained during their processing using traditional technology were studied. Technological methods were selected that maximize the preservation of bioactive compounds. Waste valorization will allow entrepreneurs to produce biologically active products and preparations that are in demand on the market

Approbation of Work. 3 scientific papers were published in the refereed national and international scientific journals, and 4 in conference proceedings.1.JeiranPutkaradze, Mzia diasamidze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia// Antioxidant Activity of Prunus cerasifera products/ , 2022

2.JeiranPutkaradze, Mzia diasamidze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia// The Waste Obtained From The Processing Of Tkemali Fruits And Our Living Environment/ , 2022

3. Maia Vanidze, JeiranPutkaradze, Nona Surmanidze, Inga Kartsivadze, Indira Djaparidze, Aleko Kalandia/ ANTIOXIDANTS OF INTRODUCTORY AND ENDEMIC PLANTS IN GEORGIA

4.JeiranPutkaradze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS OF PRUNE FRUITS AND PRODUCTS OBTAINED FROM THEM American Chemecal Society 2022

5. JeiranPutkaradze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia Chemical composition of Prunus sort «tciteli drosha» fetus and its derivative products" 2nd International School-Seminar of Applied Biotechnology, 2019

6. JeiranPutkaradze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia, Ruslan Davitadze/ Lipid compounds of some wild and cultivated forms of Prunus cerasifera Ehrh// Georgian Thechnil Georgian Technical University. International scientific conference "Chemistry-achievements and prospects.

The Structure of the Thesis. The work consists of the following sections: Introduction, Literature Review, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, References. The thesis consisted of computer-printed 118 pages in Georgian language, 20 tables, 14 diagrams and 42 figures, and an illustrative material in Appendix 1. The bibliography of the PhD thesis is consisting of \_\_\_ sources in Georgian and English languages.

Content of the Thesis

#### I. Literature Review

In literature review .... references are analyzed on the biologically active compounds of Prunus plants, the flavonone glycosides, the distribution of phenolic compounds in plants, their physiological activity and biological characteristics of prunus fruit introduced in western Georgia. It gives the state of current knowledge, an overview of key findings, concepts, and developments in relation to a research problem or question.

#### **II. Object of study, material and methodology**

The fruits were harvested from 2016 to 2021 during different months of the ripening period. The study focuses on the fruits of wild forms and cultivars of Prunus cerasifera Ehrh, which belongs to the Rosaceae family and is a perennial fruit-bearing plant of the genus of stone fruit.

The plant can grow as a tree-like shrub with a highly branched structure and may have prickly or thornless characteristics. Its fruits can be round, oblong-round, or ovoid in shape. It is known to grow well in both cultivated and uncultivated areas, and it tends to form a dense, spiny mass along roads, canals, and wetlands on the leeward side.

The fruit of *Prunus cerasifera* Ehrh displays a range of colours including yellow, red, purple, and sometimes nearly black. This species is known for its low soil demands, resistance to diseases, and ability to withstand drought and frost. Adult trees of *Prunus cerasifera* Ehrh can yield up to 300 kg of fruit. *Prunus cerasifera* Ehrh is widely distributed both as the wild and cultivated forms across the Balkans, Central Asia, Minor Asia, Iran, Transcaucasia, and other regions.



Photo 1 *Prunus cerasifera* Ehrh

For centuries, this plant has been widely distributed throughout Georgia, growing at altitudes ranging from 1600-1800 meters above sea level. Several varieties of the plant can be found in the region today, including Guldedava, Spring Swallow, Red Flag, Kutaisky, Rion, Khvaviani, and others.

*Prunus cerasifera* Ehrh holds a significant place in Georgian cuisine, serving as a key ingredient in various products, such as high-quality juice, compote, jam, spices, "tklapi", and the famous "tkemali" sauce. This species is a unique and essential component of the Georgian table.



Photo 2. The fruits of the variety of *Prunus cerasifera* Ehrh "Gazapkulis" ripen evenly, starting from June 20th



Photo 3. Mirabele - fruit ripens from June -September



Photo 4. Adjaruli vardisferi (fruit ripens from 10/VIII - 25/VIII)



Photo 5. Witeli drosha Georgian breed, fruit ripens from July .



Photo 6. Akhalcikhura



Photo 7. Ajanis ungrula, fruit ripens from August



Photo 8. Wild *Prunus cerasifera* Ehrh



Photo 9. Wild *Prunus cerasifera* Ehrh



The fruits of *Prunus cerasifera* Ehrh vary significantly in size depending on their origin. Wild forms produce small fruits, measuring approximately 20 mm in cross-section and 25 mm in longitudinal section. Conversely, cultivars produce larger fruits, measuring 27-30 mm and 35-37 mm in the green-leaved, red-fruited and red-leaved, red-fruited forms, respectively. As a result, the fruits also differ in weight and volume, with wild-growing forms weighing 6-8 g and cultivated varieties weighing 18-25 g.

Table 1 *Prunus cerifera* fruit characterization

Fruit	Shape	Color	Taste	Size (mm)		Mass of one piece, gr	Volume of one piece, ml
				Length	Width		
Gazafkhulis merckhali (Gonio) 29.06	Round, slightly elongated towards the tip, a groove can be seen along its entire length	reddish slightly pink	sweetish-sourish	27.4	25.6	10.4	10
Mirabela (Gonio 31.07)	Round	yellow	Sweetish	36.63±0.11	37.37	25.34	26
Adjaruli vardisferi (Khulo 03.08)	slightly elongated	reddish-pink	sweetish-sourish	31.24	28.49	13.46	13.46
Citeli drosha (Khulo 03.08)	Round, with a noticeable groove	dark red	sweetish-sourish	35.9	32.7	18.7	19
Citeli drosha (Gonio 05.08)	Round	Red	sweetish-sourish	32.7	27.9	13.5	14.
Akhalcikhura 13.08	egg-shaped	dark red	Sweetish	22.89	23	7.1	7

Ajanis Ungrula (Batumi 16.08)	Oval	blackish- h- bluish, covered with candle- shaped snowfl akes	sweetish- sourish	29.9	26.9	12.83	12,4
Wild red tkemali (Khulo Danisparauli 07.08)	Elongates	dark red	sweetish- sourish	23.8	20.6	6.3	6,1
Wild red tkemali (Khulo 24.09)	oblong- rounded	red	sweetish- sourish	26.4	27.4	10.2	10,0
Wild dark red tkemali (Khulo 24.09)	Elongates	dark red	sweetish- sourish	26.1	20.8	6.5	7,0
Wild dark red tkemali (Khulo Gorjomi, mountain Mkvirala)	Round	dark red	sweetish- sourish	21.28	20.48	5.3	5.2

Individual compounds were separated and identified using HPLC methods with UV, Vis, RI, conductivity detectors, preparative and analytical column and ultra high performance liquid chromatography (UPLC) with photodiode array (PDA) and mass (MS) detectors. Quantitative analysis of compounds was performed using UPLC-PDA-MS, HPLC-UV, Vis-detection.

The following physical-chemical methods were used for the study:

1. Isolation of individual compounds by selective extraction and preparative chromatography (HPLC-UV, Vis).

1. Identification of phenolic compounds (antocyanins, flavonoid glycosides and phenol carbon acid) by HPLC-UV, Vis, RI, UPLC-PDA, MS methods.
2. Quantitative study of carbon acids and carbohydrate by HPLC-UV, Vis, UPLC-PDA, MS methods.
3. Qualitative and quantitative determination of cations by HPLC methods —Conductivity detector.
4. Determination of antioxidant activity (AA) -using the stable radical of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods.
5. Quantitative determination of total flavonoids by spectral methods (AlCl<sub>3</sub>-reactive calculated by rutin).
6. Determination of total phenols by Folin-Ciocalteu method (calculated on gallic acid);
7. Analysis of lipids by Gas Chromatography (GC) methods (GC Thermo).
8. Analysis of alcohols by Gas Chromatography (GC) methods (GC Thermo).

All solvents used for study were HPLC-MS pure (Methanol, Acetonitrile, Formic acid, ethylene acetate -Merk, Germany).

**Approbation of the dissertation.** The results of the study are presented in 3 scientific articles and materials of **8 international scientific conferences**.

Participation in Grants: Shota Rustaveli National Science Foundation Project AP/96/13PHDF-22-2895, Shota Rustaveli State University Internal Grant

**Volume and structure of the thesis** - The thesis consists of **118 printed pages**, according to the requirements for the dissertation for

obtaining a doctoral degree, and includes a title page and sheets with signatures, a summary in Georgian and English, content, 42 photos 20 tables, 14 diagram, 3 Scheme list of references- 145 units and illustrative material in Appendix 1. The main text consists of: introduction, literature review, experimental part, conclusion, list of references and appendix.

**Literature review** – The first chapter of the article deals with the biologically active compounds of Prunus plants, the flavonone glycosides, the distribution of phenolic compounds in plants, their physiological activity and biological characteristics of prunus fruit introduced in western Georgia. A list of used literature is attached to the thesis.

## **Chapter 2. Investigation of some compounds of Prunus cerasifera Ehrh using UPLC PDA-MS detector.**

The Prunus cerasifera Ehrh fruit extracts were prepared according to a specific scheme. Prior to chromatographic separation, the samples were prepared for chromatography using the Solid Phase Extraction (Waters) method. This involved loading the sample onto a column (SPE-C18) and activating the column with methanol before loading the samples. The activated sorbent was then balanced with distilled water

The sample was obtained on the cartridge through the vacuum. Water-eluting compounds were obtained from the sorbent at the next stage and concentrated if necessary. Non-anthocyanin phenolic compounds were eluted with ethyl acetate and subsequently concentrated to dryness under vacuum, while anthocyanins were eluted with methanol acidified with 0.1% hydrochloric acid. Individual compounds were isolated using column and high-performance preparative column chromatography (Waters C18 10 mm x 250 mm) with UV and visible detection.

Individual compounds were identified using ultra high performance liquid chromatography (UPLC) with photodiode array (PDA) and mass (MS) detectors. Quantitative analysis of compounds was performed using UPLC-PDA-MS, HPLC-UV, Vis-detection.

To identify compounds, it is important to consider their fragmentation, as well as changes in their masses (due to the addition of ions) and the magnitude of absorption maxima in the UV region. The fruit extract concentrates were subjected to solid-phase extraction using a SPE-C18 column (Waters).

The eluents obtained after introducing the samples into the activated column mainly contain organic acids and carbohydrates. Identification of the organic acids was carried out by means of UPLC PDA-MS chromatography using an analytical column (Phenyl 3.5  $\mu\text{m}$ , 4.6 x 150 mm) and a solvent system consisting of a 0.1% deionized water and acetonitrile gradient. The quantitative analysis was conducted using a chromatographic method with a UV-Vis 2489 detector. For the quantitative analysis of carbohydrate content, High Performance Liquid Chromatography (HPLC) with a Waters RI detector and Binary HPLC Pump 1525 was used

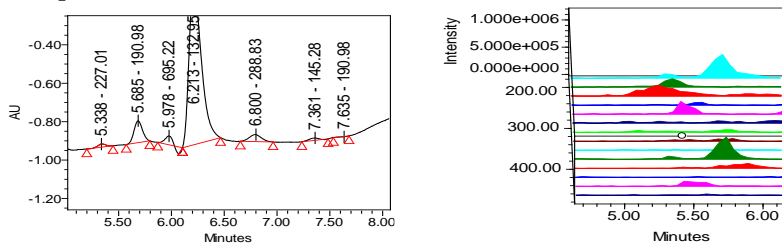


Figure 1. *Prunus cerasifera* fruit extract UPLC-PDA-MS spectrum

To identify and quantify substances, the standard compounds were used (rutin and chlorogenic acid from Sigma-Aldrich), as well as the free database of substance masses (<https://metlin.scripps.edu>), and data from peer-reviewed literature. Several compounds were identified. Substance 1-ESI-MS -  $m/z$  132.93 [ $\text{M-H}^-$ ] dominant compounds, fragmentation ESI-MS  $m/z$  114.99. retention time 6.286 min, maximum absorbance UV-  $\lambda_{\text{max}}$  215.5 nm. According of the standard compound (Malic acids (Sigma-Aldrich)) and the METLIN mass database of compounds, substance 1 corresponds to malic acid (Figure 1).



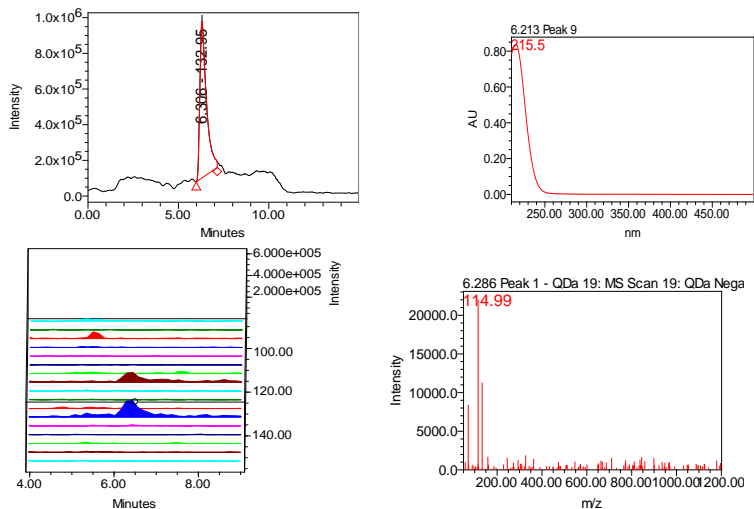
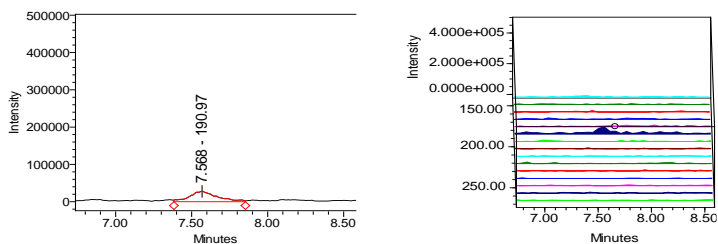


Figure 2. Substance 1 UPLC-PDA-MS spectrum; m/z 132.95  
 Substance 2 - [M-H] - m/z 190.97, fragmentation result - m/z 111  
 peakpeak; retention time - 7.568 min, maximum absorbance - UV-210.7  
 nm. According of the standard compound (Citric acids (Sigma-Aldrich))  
 and the METLIN mass database of compounds, substance 2 corresponds  
 to Citric acids (Figure 2).



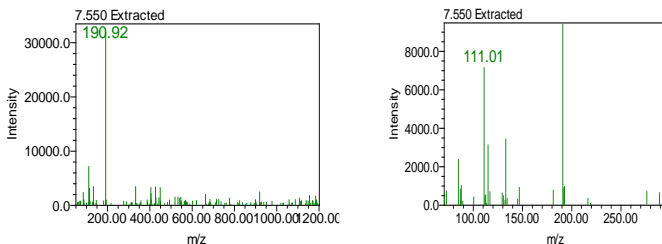


Figure 3. Substance 2 UPLC-PDA-MS spectrum; m/z 190.97  
 Substance 3 - [M-H<sup>-</sup>] - m/z 190.98; retention time - 5.744 min, maximum absorbance - UV-213.1 nm. According of the standard compound (Quinic acids (Sigma-Aldrich)) and the METLIN mass database of compounds, substance 3 corresponds to Quinic acids (C<sub>7</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) (Figure 3).

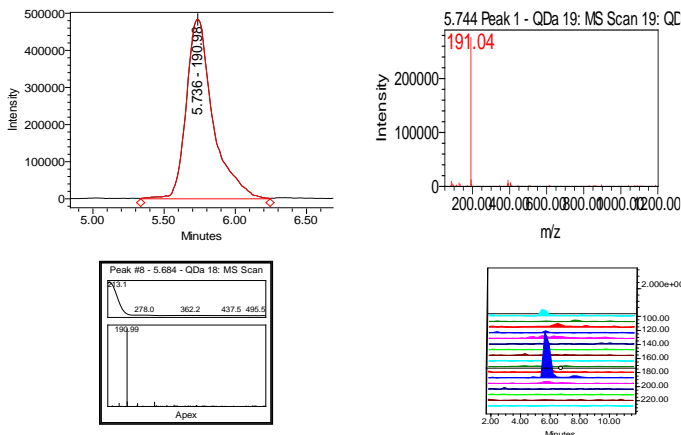


Figure 4. Substance 3 UPLC-PDA-MS spectrum; m/z 190.99  
 Substance 4 - [M-H<sup>-</sup>] - m/z 192.96; after prunus pectin hydrolize determination on the chromatogram, retention time - 5.460 min, maximum absorbance - UV-non detection. According of the standard compound ( $\alpha$ -D-Galacturonic acid (Sigma-Aldrich)) and the METLIN mass database of compounds, substance 4 corresponds to ( $\alpha$ -D-Galacturonic acid C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>), molecular weight 194.14 g/mol. (Figure 4).

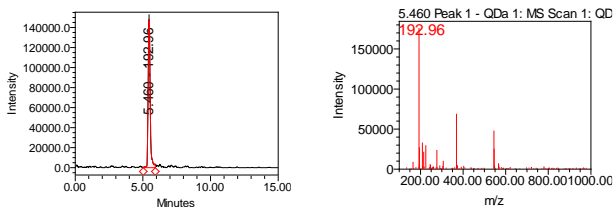


Figure 5. Substance 3 UPLC-PDA-MS spectrum; m/z 192.96

4 carboxylic acids have been identified in prunus juices: malic, citric, quinic and galacturonic.

Substance 5 -  $[M-H]^-$  - m/z 179.06, but the addition of formic acid leads to the formation of a pseudomolecule m/z+F.A 224.98. The retention time of the chromatogram is 5.146 min, the absorption maximum is not visible in the UV spectrum. Compared to the standard compound and the mass of METLIN compounds, substance 5 corresponds to glucose(Figura5).

Substance 6 -  $[M-H]^-$  - m / z 178.92, but the addition of formic acid leads to the formation of a pseudomolecule m/z+F.A. 225.01, and the addition of chloride ions leads to the formation of m / z 214.87. Retention time 5.284 min, maximum absorbance not visible in UV spectrum. According to the standard composition and weight of METLIN compounds, substance 6 corresponds to fructose(Figura 5).

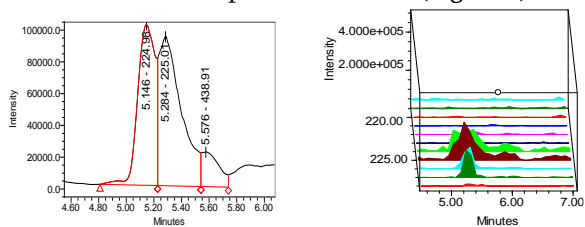


Figure 6. Substance 5 and 6 UPLC-PDA-MS spectrum

Substance 7 -  $[M-H]^-$  - m / z 341.10, but the addition of formic acid leads to the formation of a pseudomolecule m/z+F.A. 387.04, and the addition of chlorine ion gives m/z+Cl 377.04. Retention time – 5.600 min, maximum absorption is not visible in the UV spectrum. According to the

standard composition and mass of METLIN compounds, substance 7 corresponds to sucrose (Figure 6).

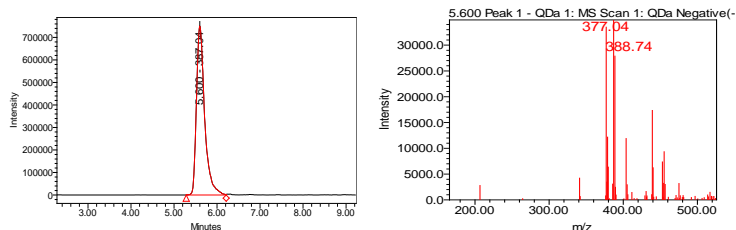


Figure 7. Substance 7 UPLC-PDA-MS spectrum; m/z 387.04

3 dominant carbohydrates have been identified in prunus juice: glucose, fructose and sucrose.

### Quantitative study of organic acids by HPLC method

After identifying carboxylic acids in juices by high-pressure liquid chromatography, the content of the dominant substances, including L-ascorbic, malic, and citric acids, was determined. Samples for chromatography were prepared as follows: ethanol (96%) was added to fruit juice in a ratio of 1:1 to precipitate pectin. After centrifugation, the sample was mixed with the mobile phase, which contained 0.1% phosphoric acid, in a ratio of 1:1.

Prior to injection, the sample was filtered through a 0.45  $\mu\text{m}$  filter. Chromatographic analysis was performed using a UV-Vis 2489 detector for L-ascorbic acid at 254 nm, for citric acid at 214 nm and for malic acid using UPLC-MS detectors. Separation was achieved using a Shodex-KC-811 column, and the mobile phase consisted of 0.1% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. After the identification of L-ascorbic acid, a quantitative calculation was performed according to the calibration curve, taking into account the dilution factor that was used during sample preparation

A Shodex - KC - 811 column was used for separation, and the mobile phase was 0.1% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. After the identification of ascorbic acid - L, a quantitative calculation was made according to the calibration curve,

taking into account the dilution factor that was available during sample preparation.

Characterization of calibration curve

Table 2

	Name	Time	R	R <sup>2</sup>	Standard Error	Equation	X-axis	Y-axis	Units
1	Oxalic Acid	2.337	0.997572	0.995150	4.046815e+004	Y = 1.48e+007 X + 1.28e+004	Amount	Area	g/L
2	Tartaric Acid	2.635	0.999497	0.998994	2.405589e+004	Y = 3.46e+006 X + 9.82e+003	Amount	Area	g/L
3	Malic Acid	3.108	1.000000	1.000000	0.000000e+000	Y = 3.97e+006 X + 5.82e-011	Amount	Area	g/L
4	L-Ascorbic Acid	3.446	0.999994	0.999987	4.102706e+003	Y = 2.86e+007 X + 1.67e+003	Amount	Area	g/L
5	Citric Acid	5.130	0.999894	0.999789	6.100186e+003	Y = 2.02e+006 X + 2.49e+003	Amount	Area	g/L

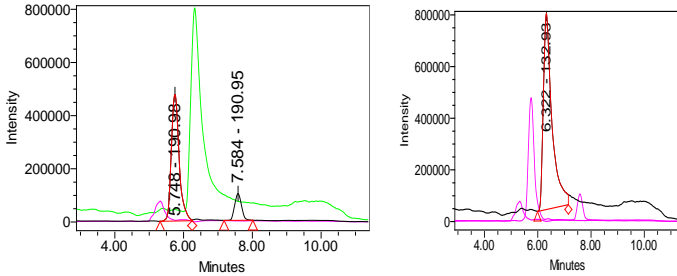


Figure 8. *Prunus cerasifera* Ehrh juice organic acid UPLC-MS chromatogram

The content of organic acid in the fruit and juice in different varieties of *Prunus cerasifera* Ehrh

Table 3

Sample name	Quinic acid	Citric acid	Malic acid	Total
	%	%	%	acid, %
Akhalcikhura	0.78	0.01	2.18	3.3
Adjaruli vardisferi	0.64	0.03	2.21	3.2
Citeli drosha( Gonio)	0.48	0.06	2.52	3.4
Gazafkhulis merckhali	1.04	0.02	2.10	3.5
Citeli drosha(Khulo)	0.42	0.09	2.55	3.4
Wild red	0.53	0.03	2.32	3.2

The total organic acid content in all samples analyzed was found to be quite high, ranging from 3.2% to 5.5%. Malic acid was the dominant acid in all cases, accounting for 1.89% to 2.59% of the total acid content. More than 5% of the citric acid content is derived from quinic acid, which ranges from 0.8% to 1.06%. Citric acid is present in the smallest quantity in the fruit of *Prunus cerasifera* Ehrh, ranging from 0.01% to 0.06%.

**Quantitative study of carbohydrates in *Prunus cerasifera* Ehrh juices using HPLC method.**

High-performance liquid chromatography (HPLC) with waters that included an RI detector and a Binary HPLC Pump 1525, as well as a chromatographic column with amide (250 mm x 4.5 mm) and carbohydrate (Merck; Sigma-Aldrich) were used. The column temperature was set to 40°C, and the eluent used was 80% acetonitrile (Merck; Sigma-Aldrich), which was detected by refractometry.

To prepare the samples for chromatography, a 1:1 ratio of 96% ethanol was added to the juice to precipitate pectin. After centrifugation, the sample was mixed with the mobile phase in a 1:1 ratio containing 80% acetonitrile. Before injection, the sample was filtered through a 0.45 µm filter

Dominant carbohydrates, including glucose, fructose, and sucrose, have been identified in the juices of various *Prunus cerasifera* Ehrh varieties. The quantification of carbohydrates was carried out using a calibration curve based on standard glucose, fructose, sucrose, and maltose

Table 4: Characterization of carbohydrates curves

	Name	Time	R	R <sup>2</sup>	Standard Error	Equation
1	Fructose	4.344	0.999791	0.999582	1.577167e+004	$= 4.36e+005 X + 6.44e+003$
2	Glucose	5.351	0.999930	0.999860	2.187388e+004	$Y = 8.71e+005 X + 8.93e+003$
3	Sucrose	7.236	0.999894	0.999788	2.178549e+004	$Y = 8.47e+005 X + 8.89e+003$
4	Maltose	8.640	0.999877	0.999753	1.705166e+004	$Y = 6.14e+005 X + 6.96e+003$

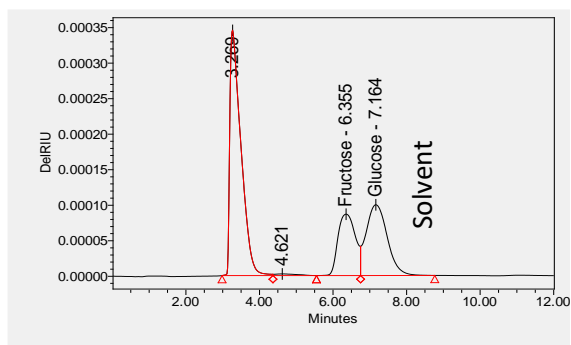


Figure 9. Common chromatogram of carbohydrates in *Prunus cerasifera* Ehrh juice

Table 5: **Carbohydrate content in *Prunus cerasifera* Ehrh juice**

	Sample name	Fructose g/L	Glucose g/L	Sucrose g/L	Total sugar g/L	brix
1	Gazafkhulis merckhali	1,4805	6,1155	0,018	7,614	8,3
2	Mirabela	1,701	6,767	0,2475	8,7155	9,6
3	Adjaruli vardisferi	1,5345	7,182	1,282	9,9985	10,5
4	Citeli drosha(Khulo)	0,4815	4,707	7,4115	12,6	12,7
5	Citeli drosha(Gonio)	1,9035	6,29	0,774	8,9675	9,9
6	Wild red tkemali	0,161	1,503	10,2735	11,9375	12,2
7	Akhalcikhura(Gonio)	0,459	4,1895	5,534	10,1825	10,96
8	Wild red tkemali(Khulo)	2,493	5,497	1,7325	9,7225	10.7

Glucose, fructose, and sucrose were identified as the dominant carbohydrates in the juices of various varieties of *Prunus cerasifera* Ehrh.



Glucose is typically the predominant carbohydrate in these fruits, with a content of up to 6.7%, which is almost twice as high as that of fructose (up to 2.5%). The sucrose content varies between different varieties and forms. Red-leaved red-fruited varieties are characterized by a high sucrose content (more than 60%) regardless of the place of sampling

Table 6: Total acidity, carbohydrates and sugar/acid index of Prunus

Nº	Sample name	Total acid %	Total carbohydrate, %	Sugar/acid index
1	Gazafkhulis merckhali	3.2	7,614	2.38±0,11
2	Wild red tkemali	3.5	11,412	3,27±0.16
3	Mirabela	3.3	9,7155	2.94±0,14
4	Adjaruli vardisferi	3.2	9,9985	3.12±0,15
5	Citeli drosha(Khulo)	3.4	12,6	3.70±0,18
6	Citeli drosha( Gonio)	3.3	9,9675	3.02±0,15
7	Wild red tkemali(Khulo)	3.2	11,9375	3.73±0,19
8	Akhalcikhura	3.3	10,1825	3.39±0,17
9	Wild dark red tkemali (likani)	3.2	20,7225	6.47±0,32

Malic acid is the dominant carboxylic acid and accounts for more than 65% of the total organic acid content. Quinic acid levels range from 0.5% to 1.0%. Citric acid represents only 3-4% of the total organic acids and its content ranges from 0.01% to 0.09% (wet weight).

The sugar-acid index is an essential technological characteristic of fruits, and it is noteworthy that it is usually low and rarely exceeds 3.

## **Chapter 2. Determination of some phenolic compounds in *Prunus cerasifera* Ehrh using UPLC PDA-MS detector.**

The extracts of *Prunus cerasifera* Ehrh fruit were prepared using the following procedure: First, prior to chromatographic separation, the samples were prepared for chromatography using the Solid Phase Extraction (Waters) method. This involved loading the sample onto a column (SPE-C18) and activating it with methanol before loading the samples. After this, the activated sorbent was balanced with distilled water, and the sample was obtained on the cartridge through a vacuum. Next, water-eluting compounds were obtained from the sorbent and concentrated if necessary. Non-anthocyanin phenolic compounds were eluted using ethyl acetate and subsequently dried in a vacuum. Finally, anthocyanins were eluted using methanol acidified with 0.1% hydrochloric acid. High-performance liquid chromatography was used to isolate individual compounds from the samples of interest. The column and preparative chromatography (Waters C18 10 mm x 250 mm) were used to isolate individual compounds using UV and visible detection. For the identification of the individual compounds, ultra-high-performance liquid chromatography (UPLC) with both photodiode array (PDA) and mass spectrometry (MS) detectors were used. Quantitative analysis of the compounds was performed using UPLC-PDA-MS, HPLC-UV, and Vis-detection

The extraction of samples (10 g) was carried out using acidified (0.1%) methanol at a low temperature (exposure -250C). The resulting extract was then subjected to vacuum extraction at 40°C. To separate the compounds

in the resulting concentrate, solid-phase extraction was performed, specifically separating the carbohydrates and organic acids, phenolic carboxylic acids, and the anthocyanin complex. This was done by sampling into a Waters Sep-Pak C18 (500 mg) cartridge. Prior to sampling, the column was activated with methanol and the sorbent was equilibrated with water. The next step involved sampling the sorbent

After sampling for the sorbent, the cartridge was treated with acidified (0.1%) water to separate carbohydrates and organic acids, and the resulting fractions were collected to identify compounds. In the next step, we fractionated the phenolic acids with ethyl acetate and finally eluted the anthocyanins with acidified methanol. After concentrating the resulting eluant, the sample was filtered through a Waters Acrodisc LC PVDF 13 mm 0.45  $\mu\text{m}$  filter.

Ultra Performance Liquid Chromatography photodiode array and mass (UPLC-PDA, MS) detectors (Waters (USA): Acquity H class Quaternary Solvent Manager, Acquity H class Sample manager-FTN, Acquity H class PDA Detector, Acquity H class mass QDa Detector) method Analysis of phenolic compounds by column BEN C18, 1.7  $\mu\text{m}$ , Solvent 1- 0.2 % F.A, solvent 2- ACN, (gradient), Flow 0.3 mL min<sup>-1</sup>, column tem. 40°C, MS scan 100-1200 da, Probe 600°C, Positive (ESI-MS) + or negative (ESI-MS)-, Spray voltage at 0.8 kV, capillary 1.5 kV, CV 5-40; PDA UV-Vis spectra were scan 215-500 nm. (Figure 10).

To identify compounds, it is important to consider their fragmentation, as well as the change in their masses (due to the addition of ions) and the magnitude of absorption maxima in the UV region.

The standard compounds available to us (rutin and chlorogenic acid from Sigma-Aldrich) and the free substance mass database (<https://metlin.scripps.edu>), as well as data from peer-reviewed literature publications, were used to identify and quantitatively analyze the substances. Several compounds were identified

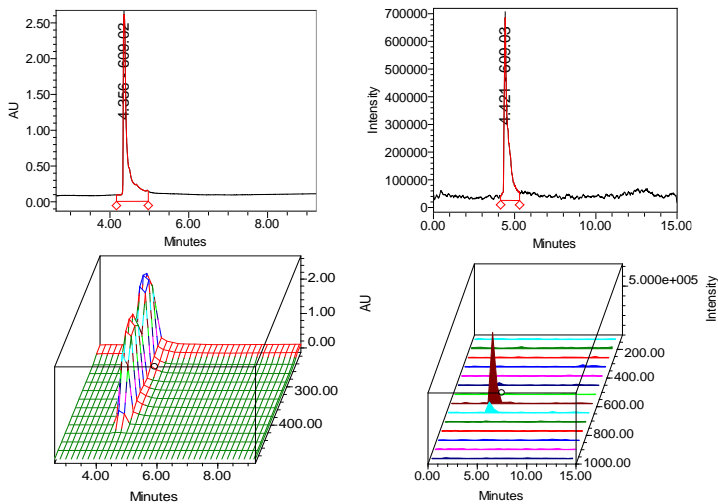


Figure: 10 UPLC-PDA-MS 3D Spectr of standard Rutin

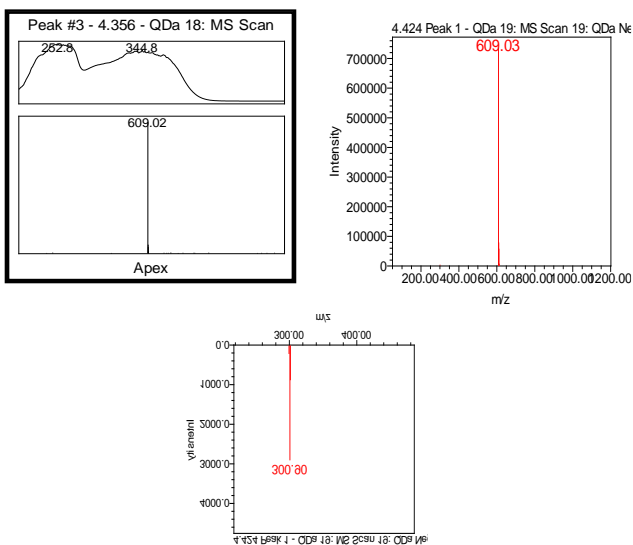


Figure 11 : Standard Rutin UPLC-PDA-MS  $\lambda_{max}$  -344.8; M/Z (M-H) 609.03 (fr 300.9)

The chromatogram showed three dominant and three minor compounds. The dominant anthocyanins in *Prunus cerasifera* Ehrh fruit were

identified using HPLC on a preparative column (Waters C18, 10 x 250 mm, 5.0  $\mu\text{m}$ ). The mobile phase consisted of eluent A, which was composed of water/formic acid (F.A.)/acetonitrile (CAN) in the ratio of 87:10:3, and eluent B, which was composed of water/formic acid/acetonitrile in the ratio of 40:10:50. The gradient was as follows: from 0 to 15 min, the proportion of element B increased from 6% to 30%, and then held constant at 50% for 30 min, then increased to 60% over the next 5 min, and finally decreased to 6% over the last 5 min. Detection was performed at 518 nm using a Waters HPLC-UV-Vis detector. Three main compound fractions were obtained. Further chromatography (UPLC-PDA, MS) with positive ionization identified two dominant compounds with aglycones having  $M/Z$  (M+H)-286.90 and  $M/Z$  (M+H)-300.91. (fig.12)

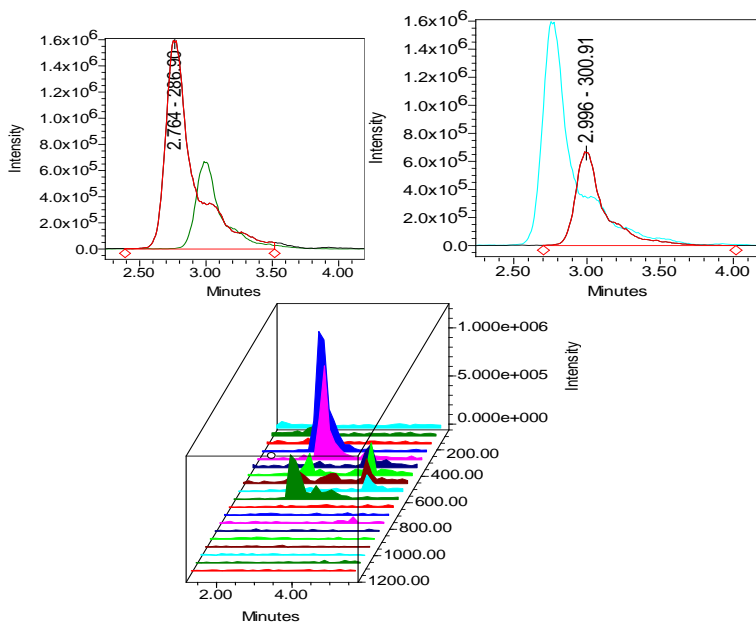


Figure 12. Fraction 3 UPLC-PDA- MS chromatogram  $M/Z$  (M+H).

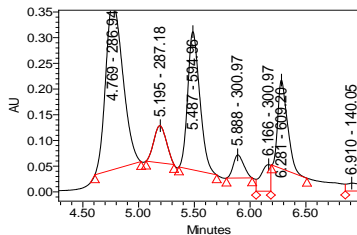


Figure 13. Fraction 3 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H).

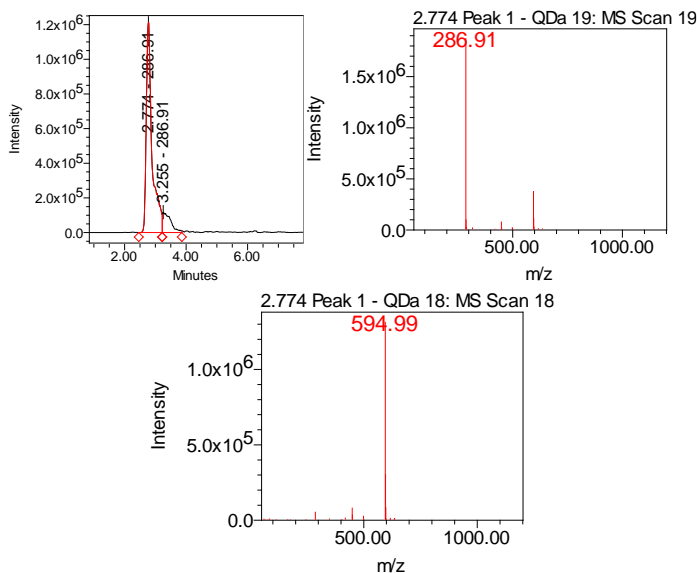


Figure 14. fraction 3 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H).

Substance 8 with  $[M+H] - m/z$  289.90 (M-H-284.91) was detected on the chromatogram with a retention time of 4.083, and its maximum absorption in the ultraviolet light was recorded at 279.8 nm (see Figure 15). The PDA could not provide readings above 500 nm in the visible area, but we used a spectrophotometer (Mettled Toledo UV 5 Bio) with an indicator at 519 nm. According to a metabolite mass spectral database (METLIN), substance 8 corresponded to cyanidin, with an empirical formula of  $C_{15}H_{11}O_6$  and a molecular weight of 287.24 g/mol (1-Benzopyrylium, 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-, chloride; 2-(3,4-

Dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-1-benzopyrylium) (C<sub>15</sub>H<sub>11</sub>O<sub>6</sub>)  
 (C<sub>15</sub>H<sub>11</sub>O<sub>6</sub>).

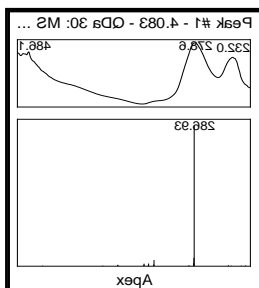
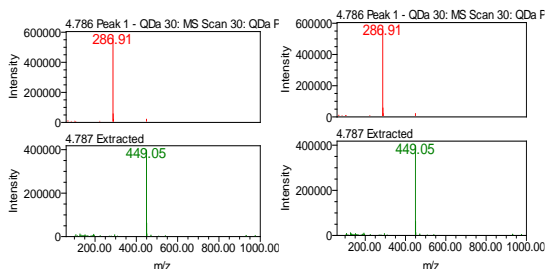


Figure 15. UPLC-PDA

- MS chromatogram M/Z (M+H).

Substance 9 [M+H] - m/z 300.91 was detected on the chromatogram with a retention time of 2.764 min, and its maximum absorption in the ultraviolet light was recorded at 282,9nm and 518.3 nm. According to A metabolite mass spectral database (METLIN) (<https://metlin.scripps.edu>), substance 9 corresponded to Peonidine, with an empirical formula of C<sub>16</sub>H<sub>13</sub>O<sub>6</sub><sup>+</sup> MW: 301.27g/mol (2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) chromenylium-3,5,7-triol)

**Substance 9** [M+H] - m/z 300.91 has been fixed on chromatogram with the retention time 2.764 min. the maximum absorption at the ultraviolet beam is 282,9nm and 518.3 nm. According to the base of masses METLIN

(<https://metlin.scripps.edu>) of compounds, substance 9 corresponds to Peonidine, which has an empirical formula  $C_{16}H_{13}O_6^+$  MW: 301.27g/mol (2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) chromenylium-3,5,7-triol).

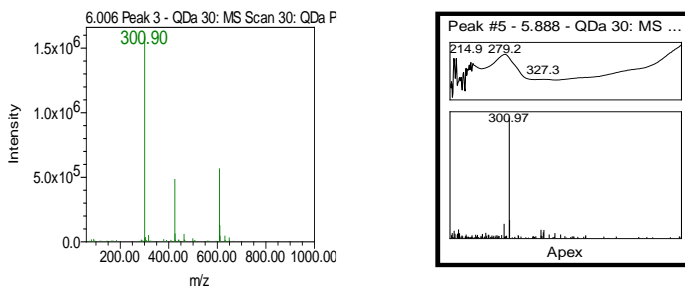


Figure 16. UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H).

Substance 10, with  $[M+H]^+$  - m/z 316.95, was detected on the chromatogram with a  $[M-H]^+$  - m/z 316.91 molecular weight and a retention time of 8.511 min. The maximum absorption in the ultraviolet range was recorded at 282.8 nm, while in the visible range, it was 518.3 nm (Figure 5). According to a metabolite mass spectral database, substance 10 corresponded to petunidin (2-(3,4-Dihydroxy-5-methoxyphenyl)-3,5,7-trihydroxychromenium), with an empirical formula of  $C_{16}H_{13}O_7$  and a molecular weight of 317.065 g/mol.

**Substance 10**  $[M+H]^+$  - m/z 316.95 has been fixed on chromatogram with  $[M-H]^+$  - m/z 316.91 molecular weight; the retention time is 8.511min, the maximum absorption at the ultraviolet beam is 282,8 nm,while in the visible area 518,3 nm (Figure 5). According to the base of masses of compounds, substance 10 corresponds to petunidine (2-(3,4-Dihydroxy-5-methoxyphenyl)-3,5,7-trihydroxychromenium), which empirical formula is  $C_{16}H_{13}O_7$  MW: 317.065 g/Mol.



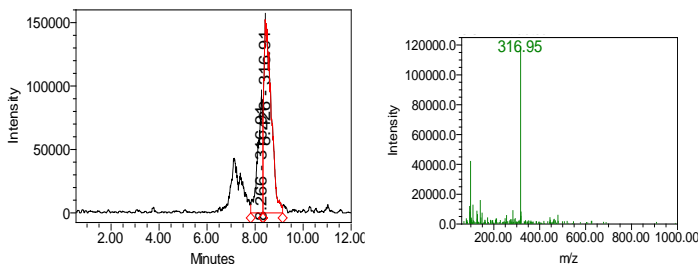


Figure 17. UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H).

Substance 11, with  $[M+H] - m/z$  331.95, was detected on the chromatogram with a molecular mass of  $[M+H] - m/z$  330.96. Its retention time was 8.391 min, and the maximum absorption in the ultraviolet light was recorded at 282.7 nm, while in the visible area, it was 518.4 nm (Figure 17). According to the METLIN mass database, substance 11 corresponded to Malvidin (2-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl) chromenylium-3,5,7-triol), with an empirical formula of  $C_{17}H_{15}O_7$  and a molecular weight of 331.30 g/mol.

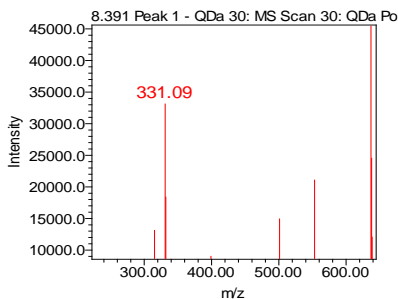


Figure 18. UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H).

Substance 12 was detected on the chromatogram with a molecular mass of  $[M+H] m/z$  270.96. It had a retention time of 7.827 min, and its maximum absorption in the ultraviolet beam was recorded at 282.7 nm, while in the visible area, it was 518.4 nm (Figure 18). According to the METLIN database, substance 12 corresponded to Pelargonidin with an empirical formula of  $C_{15}H_{11}O_5$  and a molecular weight of 271.06 g/mol (2-(4-hydroxyphenyl) chromenylium-3,5,7-triol).

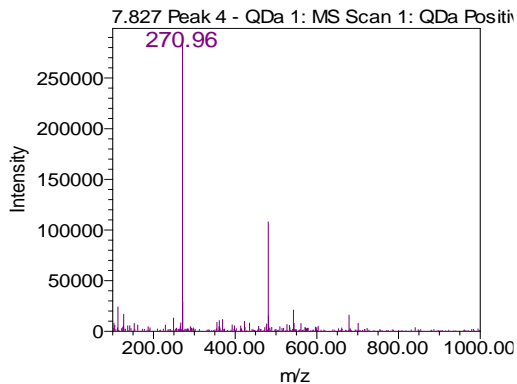
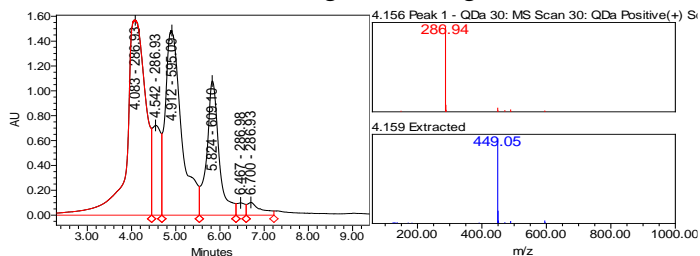


Figure 19. UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H).

Substances 13 and 14, with  $[M+H]^+$  -  $m/z$  449.08 (447.10) were detected on the chromatogram as two compounds. The retention times were 4.156 and 4.664 minutes, respectively. The maximum absorption in the ultraviolet beam was at 279.8 nm and 518 nm (Figure 19). The molecular weight of the fragment  $m/z$  286.92 corresponded to Cyanidin. According to the METLIN compound database (<https://metlin.scripps.edu>), substance 13 corresponded to Cyanidin-3-O-galactoside (2S,3R,4S,5R,6R)-2-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxychromenylium-3-yl]oxy-6-(hydroxymethyl)oxane-3,4,5-triol, with an empirical formula of  $C_{21}H_{21}O_{11}^+$  and a molecular weight of 449.4 g/mol. Substance 14 corresponds to Cyanidin-3-O-glucoside (2S,3R,4S,5R,6R)-2-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-chromen-3-yl]oxy-6-(hydroxymethyl)oxane-3,4,5-triol, with an empirical formula of  $C_{21}H_{21}O_{11}^+$  and a molecular weight of 449.4 g/mol.



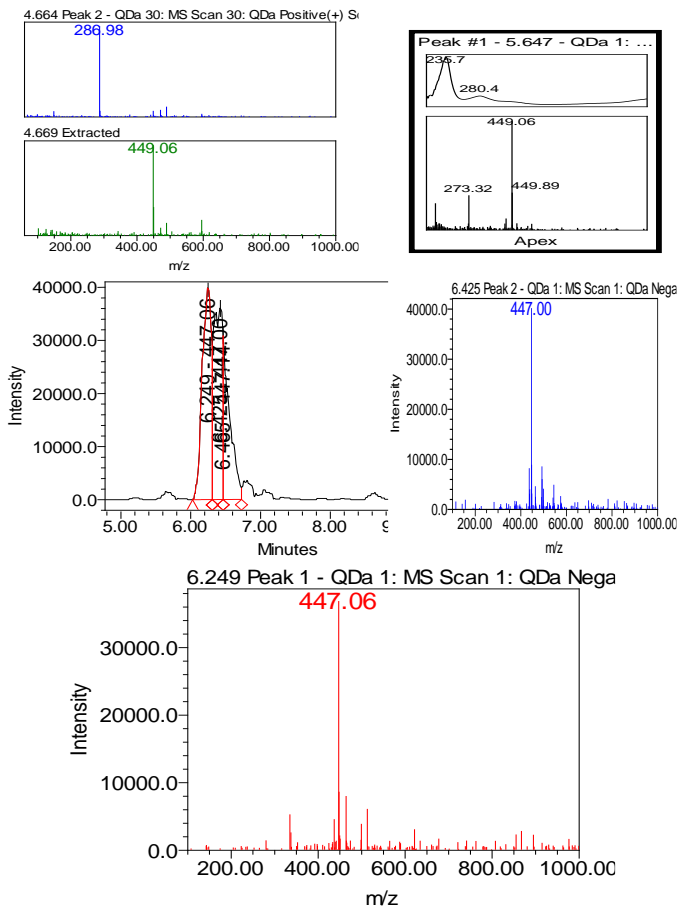
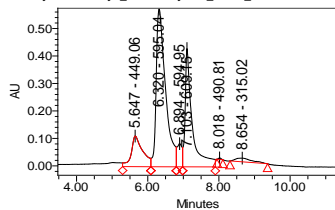
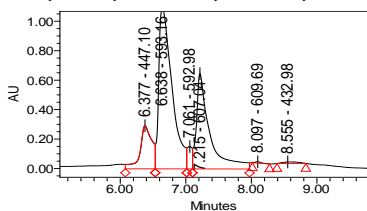


Figure 20. Substance 13 and 14 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H) and M/Z (M-H).

Substances 15 and 16, with  $[M+H]^+$  -  $m/z$  595.04 (593.16), were detected on the chromatogram at retention times of 6.320 and 6.894 min, respectively. The maximum absorption in the UV was found to be 279.8nm and 518 nm. The fragmentation resulted in  $m/z$  286.89 (cyanidin). According to the METLIN compound database (<https://metlin.scripps.edu>), substance 15 corresponded to Cyanidin-3-O-Rutinoside, with an empirical formula of  $C_{27}H_{31}O_{15}$  and molecular weight of 595.5 g/mol. The compound is

represented by the following structure: ((2*R*,3*R*,4*R*,5*R*,6*S*)-2-[[[(2*R*,3*S*,4*S*,5*R*,6*S*)-6-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxychromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methoxy]-6-methyloxane-3,4,5-triol). Substance 16 corresponded to Cyanidin-3-(6-*trans*-pcoumaroyl)glucoside with an empirical formula of C<sub>30</sub>H<sub>27</sub>O<sub>13</sub> and molecular weight of 595.5 g/mol. The compound is represented by the following structure: (2*R*,3*S*,4*S*,5*R*,6*S*)-6-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxychromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methyl (*E*)-3-(4-hydroxyphenyl)prop-2-enoate.

Substance 15; 16 [M+H]<sup>+</sup> - m/z 595.04 (593.16) has been fixed on the chromatogram with the retention time 6.320 and 6.894 min, the absorption maximum in the UV 279.8nm and 518 nm. result of fragmentation m/z 286.89 (cyanidin). According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 15 Cyanidin-3-*O*-Rutinoside, MW: 595.5 m/mol, C<sub>27</sub>H<sub>31</sub>O<sub>15</sub><sup>+</sup> ((2*R*,3*R*,4*R*,5*R*,6*S*)-2-[[[(2*R*,3*S*,4*S*,5*R*,6*S*)-6-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxychromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methoxy]-6-methyloxane-3,4,5-triol); substance 16 Cyanidin-3-(6-*trans*-pcoumaroyl)glucoside MW: 595.5 m/mol, C<sub>30</sub>H<sub>27</sub>O<sub>13</sub><sup>+</sup> (2*R*,3*S*,4*S*,5*R*,6*S*)-6-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxychromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methyl (*E*)-3-(4-hydroxyphenyl)prop-2-enoate.



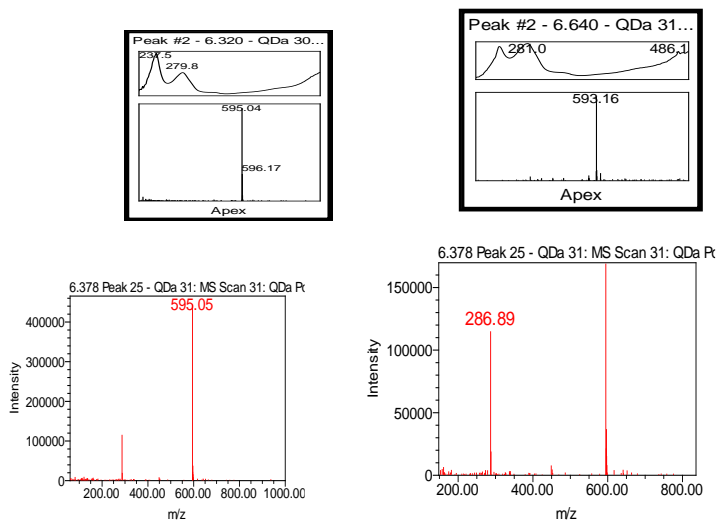


Figure 21. Substance 15 and 16 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H) and M/Z (M-H).

Substance 17 with [M+H] - m/z 609.15 (607.04) was detected on the chromatogram with a retention time of 7.103 min. The maximum absorption in the UV was found to be 279.8 nm and 518 nm, and the fragmentation result was m/z 300.91 (Peonidine). According to the METLIN compound database (<https://metlin.scripps.edu>), substance 17 corresponded to Peonidin 3-rutinoside with an empirical formula of C<sub>28</sub>H<sub>33</sub>O<sub>15</sub><sup>+</sup> and a molecular weight of 609.6 g/mol ((2R,4S,5R)-2-[[[(3S,6S)-6-[5,7-dihydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)chromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methoxy]-6-methyloxane-3,4,5-triol).

Substance 17 [M+H] - m/z 609.15 (607.04) has been fixed on the chromatogram with the retention time 7.103 min, the absorption maximum in the UV 279.8 nm and 518 nm. result of fragmentation m/z 300.91 (Peonidine). According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 17 Peonidin 3-rutinoside MW: 609.6 g/mol, [C<sub>28</sub>H<sub>33</sub>O<sub>15</sub><sup>+</sup>](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Peonidin-3-rutinoside)((2R,4S,5R)-2-[[[(3S,6S)-6-[5,7-dihydroxy-2-

(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) chromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methoxy]-6-methyloxane-3,4,5-triol).

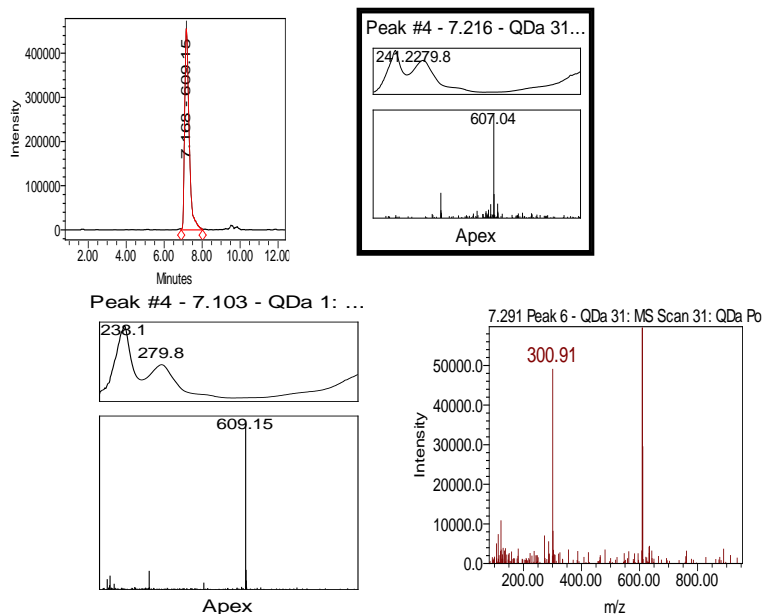


Figure 22. Substance 17 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H).

Substance 18 [M+H]<sup>+</sup> - m/z 637.00 has been fixed on the chromatogram with the retention time 8.391 min, the absorption maximum in the UV 279.8nm and 518nm. result of fragmentation m/z 331.09 (Malvidin). According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 18 Malvidin-3-O-(6-p-coumaroyl)glucoside MW: 639.6 g/mol,  $C_{32}H_{31}O_{14}^+$  ((2*S*,3*R*,4*R*,5*S*,6*R*)-6-[5,7-dihydroxy-2-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl) chromenylium-3-yl]oxy-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl)methyl (*E*)-3-(4-hydroxyphenyl)prop-2-enoate)

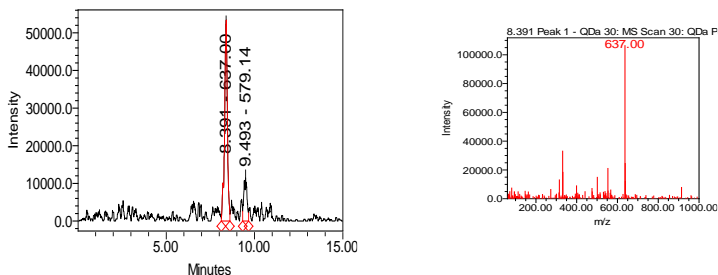


Figure 23. Substance 18 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M+H) and M/Z (M-H).

Using the UPLC-MS method, there have been identified 6 anthocyanin glycosides

#### Plum fruit Anthociane UPLC-PDA-MS characterization

Table N7

#	Compound name	RT (min)	Molecular formule	[M-H] <sup>+</sup> (m/z)	Fragment	UV max. (nm)
8	Cyanidin	2.764	C <sub>15</sub> H <sub>11</sub> O <sub>6</sub> <sup>+</sup>	289.90		279.8; 519
9	Peonidin	6.006	C <sub>16</sub> H <sub>13</sub> O <sub>6</sub> <sup>+</sup>	300.91		282,9;518.3
10	Petunidin	8.511	C <sub>16</sub> H <sub>13</sub> O <sub>7</sub>	316.95		282,8;518.3
11	Malvidin	8.391	C <sub>17</sub> H <sub>15</sub> O <sub>7</sub>	331.95		282,7;518.4
12	Pelargonidin	7.827	C <sub>15</sub> H <sub>11</sub> O <sub>5</sub>	270.96		
13	Cyanidin-3-0-galactoside	6.229	C <sub>21</sub> H <sub>21</sub> O <sub>11</sub> <sup>+</sup>	449.08	286.98	279.8;518
14	Cyanidin-3-0-glucoside	6.425	C <sub>21</sub> H <sub>21</sub> O <sub>11</sub> <sup>+</sup>	449.4	286.98	279.8;518
15	Cyanidin-3-0-rutinoside	6.320	C <sub>27</sub> H <sub>31</sub> O <sub>15</sub> <sup>+</sup>	595.04	286.98	279.8;518
16	Cyanidin-3-(6-trans-pcoumaroyl)glucoside	6.894	<u>C<sub>30</sub>H<sub>27</sub>O<sub>13</sub><sup>+</sup></u>	594.95	286.98	279.8;518
17	Peonidin-3-0-rutinoside	7.103	C <sub>28</sub> H <sub>33</sub> O <sub>15</sub> <sup>+</sup>	609.15	300.91	279.8;518

18	Malvidin-3-O-para-kumaroil glucoside	8.391	$C_{32}H_{31}O_{14}^+$	637.00	331.09	279.8; 518
----	--------------------------------------	-------	------------------------	--------	--------	---------------

For identification phenolic acids and flavonoid glycosides of tkemli fruits, ethyl acetate fractions of the alcohol extract of whole fruits were used. Detection was performed under both negative (ESI-MS)- and positive (ESI-MS)+ ionization conditions.

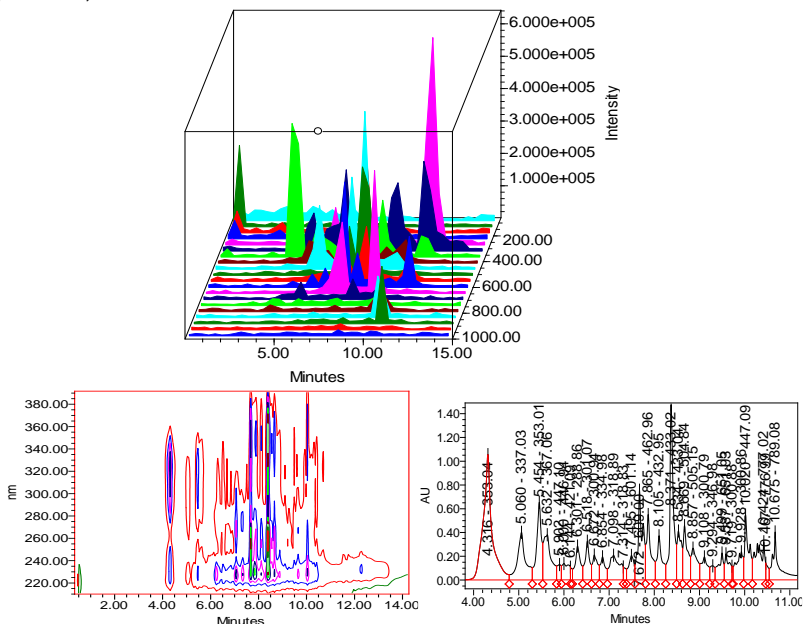


Figure 25. *Prunus cerasifera* Ehrh ethylacetate fraction UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H).

Substance 19;20 [M-H] - m/z 288.97 and 288.85 has been fixed with the retention time 5.348min and 6.278 min, the absorption maximum in the UV 281.7 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 19 is Catechin, MF  $C_{15}H_{14}O_6$ , MW: 290.27g/mol (2R,3S)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,4-dihydro-2H-chromene-3,5,7-triol), and substance 20 epi-Catechin MF  $C_{15}H_{14}O_6$ , MW: 290.27g/mol (2R,3R)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,4-dihydro-2H-chromene-3,5,7-triol).



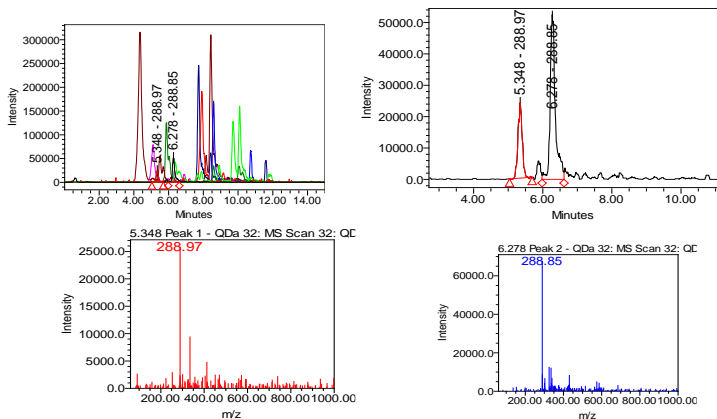
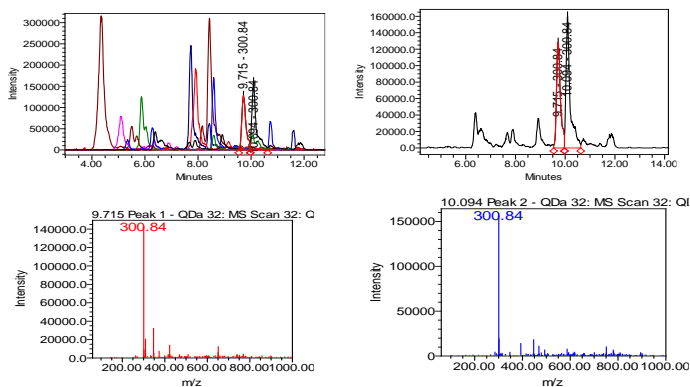


Figure 26. Substance 19,20 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 21;22 [M-H] - m/z 300.84 and 300.84 has been fixed with the retention time 9.715min and 10.094min, the absorption maximum in the UV 266.3 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 21 is Quercetin, MF:  $C_{15}H_{10}O_7$  MW: 302.23m/mol, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxychromen-4-one, and substance 22 not identified.



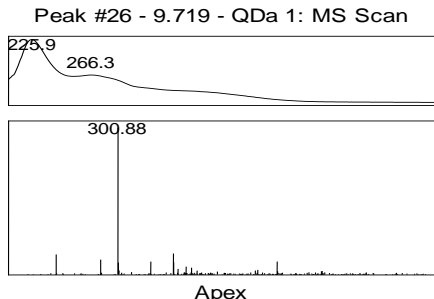


Figure 27. Substance 21;22 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). substance 23;24 [M-H] - m/z 430.92 and 431.02 has been fixed with the retention time 10.268min and 10.801 min, the absorption maximum in the UV 266.3 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 23 is Apigenin 7-0-glucoside. MF:  $C_{21}H_{20}O_{10}$  MW: 432.4 g/mol, IUPAC Name: (5-hydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)-7-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]oxychromen-4-one, and substance 24 not identified.

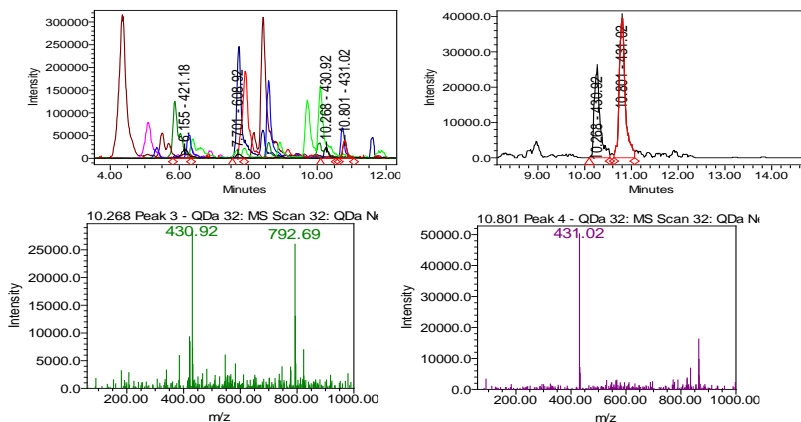


Figure 28. Substance 23;24 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substances 25;26 [M-H] - m/z 447.10 and 446.91 have been fixed with the retention time 5.869min and 6.036 min, the absorption maximum in the UV 282.3 nm and 319.9 nm. According to the mass base of METLIN

compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 24 is Luteolin 7-O-glucoside MF:  $C_{21}H_{20}O_{11}$  MW: 448.4 g/mol, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5-hydroxy-7-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]oxychromen-4-one. substance 26 Quercetin 3-ramnoside IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-3-(3,4,5-trihydroxy-6-methyloxan-2-yl)oxychromen-4-one. MF:  $C_{21}H_{20}O_{11}$ ; MW 448.4 g/mol.

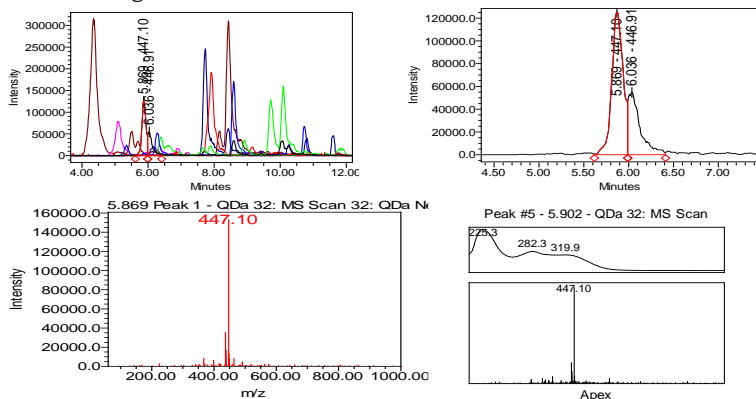
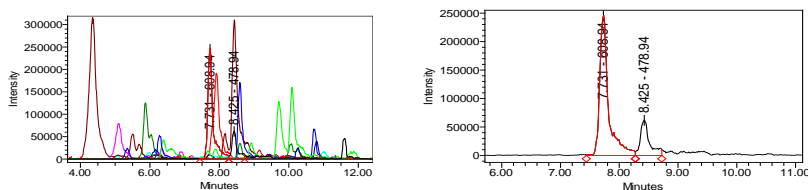


Figure 29. Substance 25;26 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 27 [M-H] - m/z 608.94 has been fixed by the retention time 7.731 min, the absorption maximum in the UV 254.6 nm and 351.6 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 27 is Rutin (Quercetin 3-rutinoside) MF:  $C_{27}H_{30}O_{16}$  MW: 610.5 g/mol, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-3-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-[[2(R,3R,4R,5R,6S)-3,4,5-trihydroxy-6-methyloxan-2-yl]oxymethyl]oxan-2-yl]oxychromen-4-one.



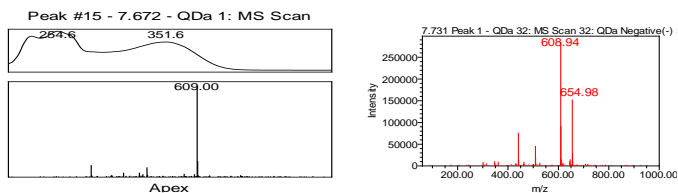


Figure 30. Substance 27 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 28 [M-H] - m/z 462.97 has been fixed with the retention time 7.916 min, fragment m/z 300.94, the absorption maximum in the UV 254.6 nm and 352.2 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 28 is Quercetin-3-O-glucoside, MF:  $C_{21}H_{20}O_{12}$  MW: 464.4 g/mol, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-3-[(2S,3R,4S,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]oxychromen-4-one.

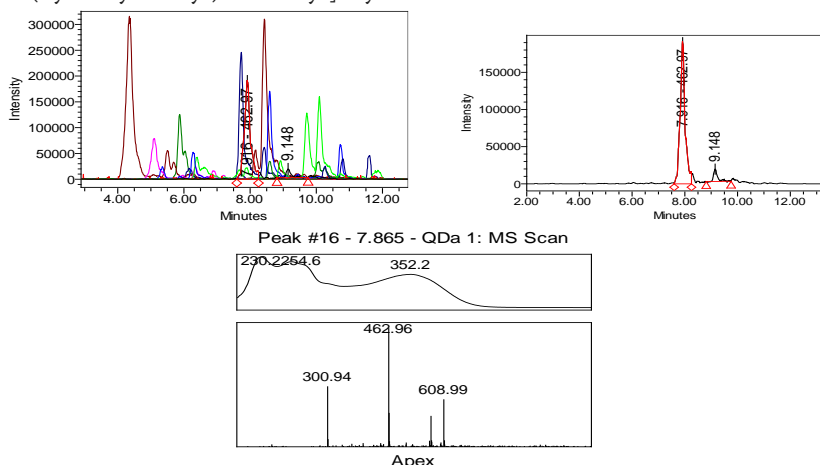


Figure 31. Substance 28 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 29;30 [M-H] - m/z 432.96 and 478.94 (432.96) has been fixed with the retention time 8.164 min and 8.431 min, the absorption maximum in the UV 253.4 nm and 352.2 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), Substance 29 is Quercetin-3-O-arabioside; MF:  $C_{20}H_{18}O_{11}$  MW: 434.3g/mol, IUPAC Name: 2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-3-[(2R,3S,4R,5R)-3,4,5-

trihydroxyoxan-yl] oxychromen-4-one. substance 30 is Quercetin-3-D-xyloside, MF:  $C_{20}H_{18}O_{11}$  MW: 434.3g/mol, IUPAC Name:2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-3-(3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl)oxychromen-4-one

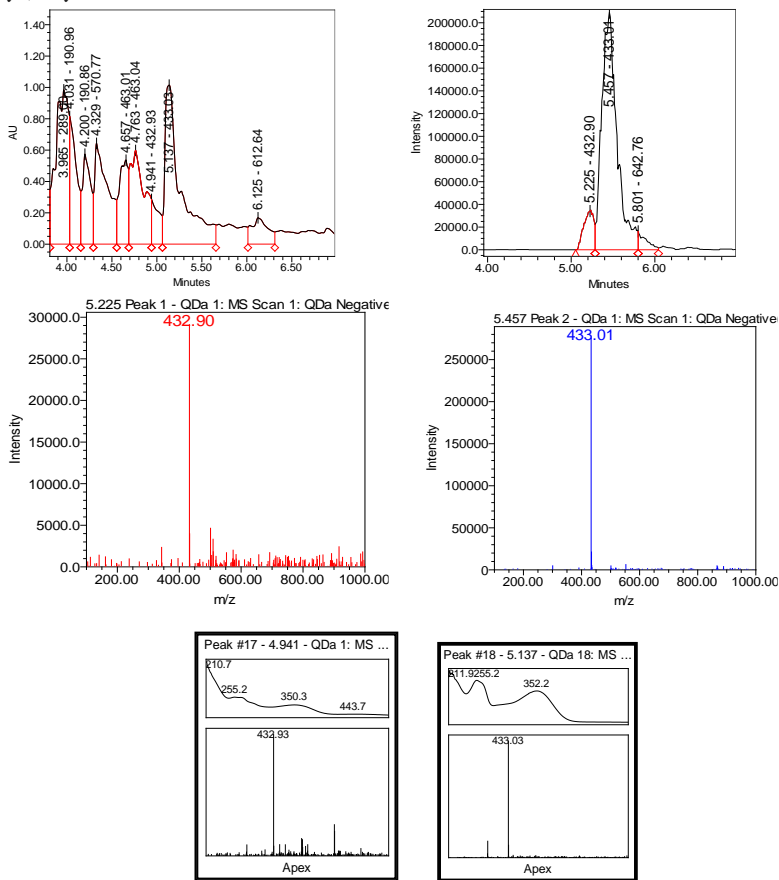


Figure 32. Substance 29;30 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 31 [M-H] - m/z 576.85 has been fixed with the retention time 11.004 min, the absorption maximum in the UV 278 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 31 is Procyanidin B1; MF:  $C_{30}H_{26}O_{12}$  MW: 578.5 g/ mol, IUPAC

Name: (2R,3S)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-8-[(2R,3R,4R)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-3,4-dihydro-2H-chromen-4-yl]-3,4-dihydro-2H-chromene-3,5,7-triol.

7.731 min, 254.6 nm and 351.6 nm.

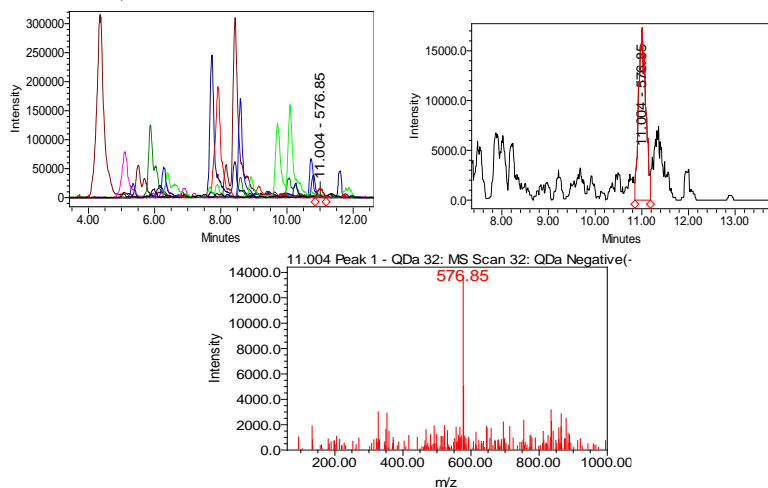


Figure 33. Substance 31 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H).

Substance 32 [M-H] - m/z 864.81 has been fixed with the retention time 10.732 min, the absorption maximum in the UV 276.3 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 32 is Procyanidin C1 MF:  $C_{45}H_{38}O_{18}$  MW: 866.8 g/mol, IUPAC Name: 2R,3R,4S)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-4-[(2R,3R)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-3,4-dihydro-2H-chromen-8-yl]-8-[(2R,3R,4R)-2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-3,4-dihydro-2H-chromen-4-yl]-3,4-dihydro-2H-chromene-3,5,7-triol.

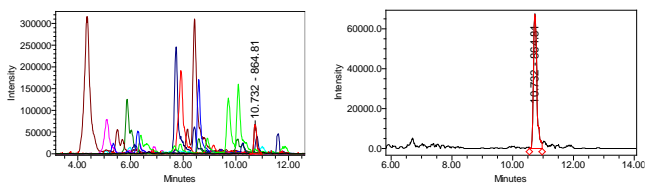


Figure 34. Substance 32 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 33 [M-H] - m/z 337.06 has been fixed with the retention time 5.101 min, the absorption maximum in the UV 310.6 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 33 is 3-p-coumaroylquinic acid, MF:  $C_{16}H_{18}O_8$  MW: 338.31 g/mol, IUPAC Name: (1R,3R,4S,5R)-1,3,4-trihydroxy-5-[(E)-3-(4-hydroxyphenyl)prop-2-enoyl]oxycyclohexane-1-carboxylic acid.

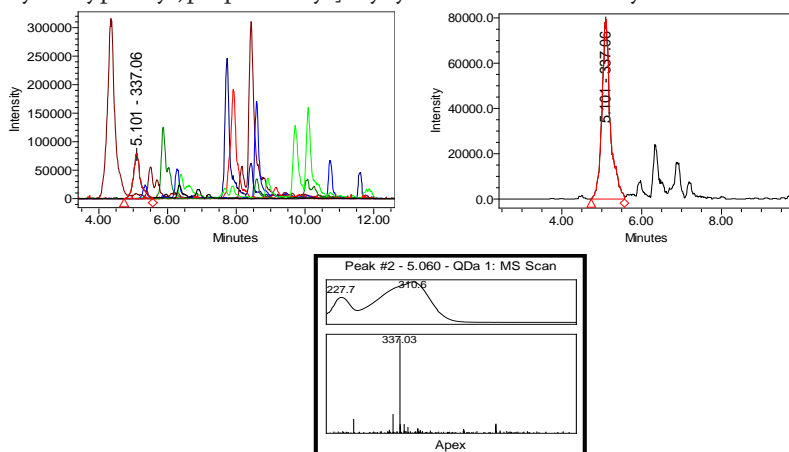


Figure 35. Substance 33 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 34;35 [M-H] - m/z 353.04 vs 353.01 has been fixed with the retention time 4.316 min 5.454 min, the absorption maximum in the UV 324.9 nm and 324.2 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 34 is Neochlorogenic acid, MF:  $C_{16}H_{18}O_9$  MW: 354.31g/mol, IUPAC Name: (1R,3R,4S,5R)-3-[(E)-3-(3,4-dihydroxyphenyl)prop-2-enoyl]oxy-1,4,5-trihydroxycyclohexane-1-carboxylic acid, and substance 35 Chlorogenic Acid, MF:  $C_{16}H_{18}O_9$  MW: 354.31g/mol, IUPAC Name: (1S,3R,4R,5R)-3-[(E)-3-(3,4-dihydroxyphenyl)prop-2-enoyl]oxy-1,4,5-trihydroxycyclohexane-1-carboxylic acid.

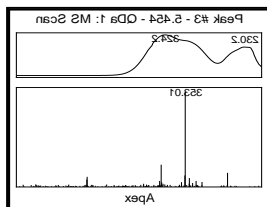
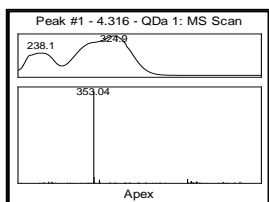
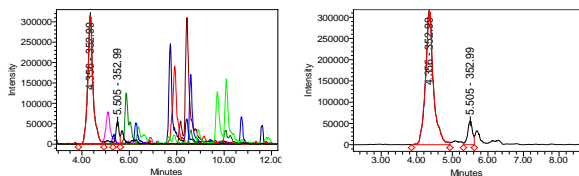


Figure 36. Substance 34:35 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 36 [M-H] - m/z 227.00 (229.04) has been fixed with the retention time 5.321 (7.852) min, the absorption maximum in the UV 255.2 and 351.6 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 36 is Resveratrol, MF:  $C_{14}H_{12}O_3$  MW: 228.24 g/mol; IUPAC Name: 5-[(E)-2-(4-hydroxyphenyl)ethenyl]benzene-1,3-diol.

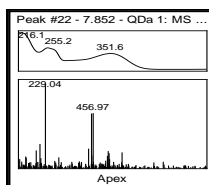
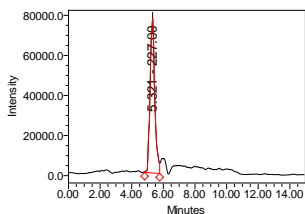


Figure 37. Substance 36 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 37 [M-H] - m/z 296.91 has been fixed with the retention time 6.081 min, the absorption maximum in the UV 282.3 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 37 is Hexosyl-malic acid, MF:  $C_{10}H_{18}O_{10}$  MW: 296 g/mol;



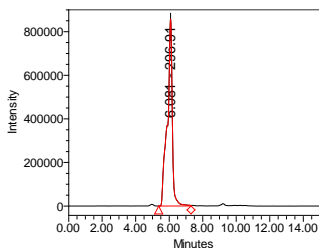


Figure 38. Substance 37 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H).

Substance 38 [M-H] - m/z 334.98 has been fixed with the retention time 4.634 min, the absorption maximum in the UV 268.7 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 38 is isomeric caffeoylshikimic acids MF:  $C_{10}H_{18}O_{10}$  MW: 336.29 g/mol; IUPACName: (3R,4R,5R)-5-[(E)-3-(3,4-dihydroxyphenyl) prop-2-enoyl]oxy-3,4-dihydroxycyclohexene-1-carboxylic acid;

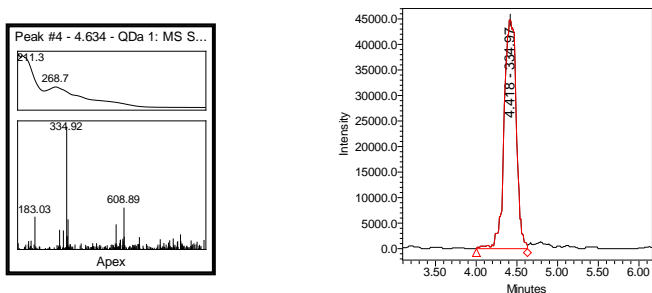


Figure 39. Substance 38 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H).

Substance 39 [M-H] - m/z 340.98 has been fixed with the retention time 5.606 min, the absorption maximum in the UV 311.2 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 39 is Caffeic acid hexoside, MF:  $C_{15}H_{18}O_9$  MW: 342.30 g/mol; IUPAC Name: 3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]-(E)-3-(3,4-dihydroxyphenyl)prop-2-enoate;

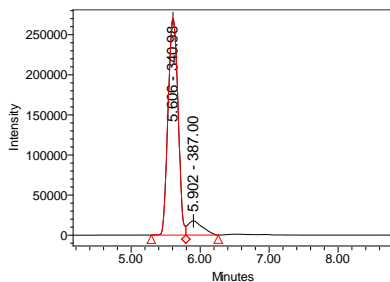


Figure 40. Substance 39 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 40 [M-H] - m/z 180.82 has been fixed with the retention time 9.040 min, the absorption maximum in the UV 212.5 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 40 is Hexose sugar alcohol, MF: C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub> MW: 180.02 g/mol;

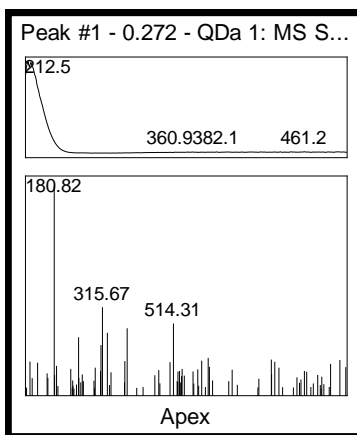


Figure 41. Substance 40 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 41 [M-H] - m/z 366.97 has been fixed with the retention time 3.414 min, the absorption maximum in the UV 324.9 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 41 is 4-Feruloylquinic Acid, MF: C<sub>17</sub>H<sub>20</sub>O<sub>9</sub> MW: 368.3 g/mol; (3R,5R)-1,3,5-trihydroxy-4-[(E)-3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)prop-2-enoyl]oxycyclohexane-1-carboxylic acid

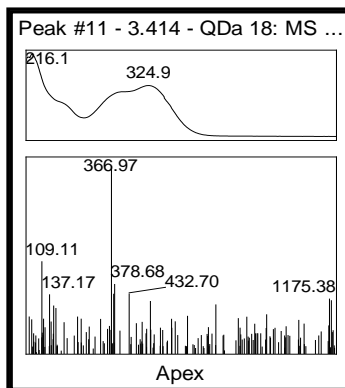
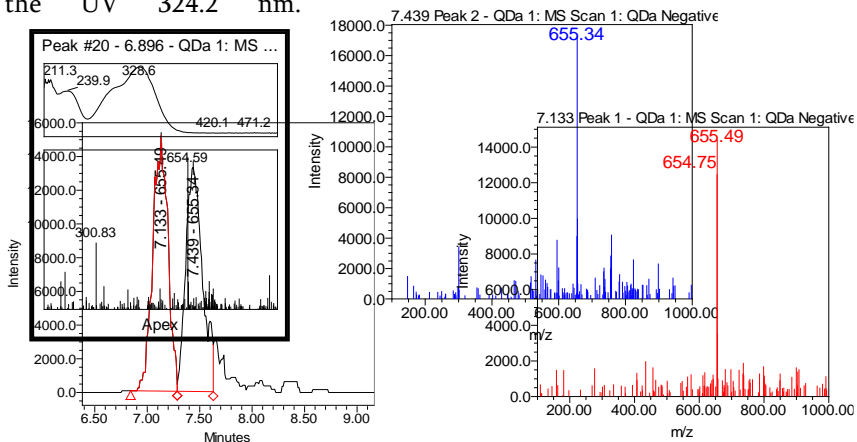


Figure 42. Substance 41 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H).

Substance 42;43 [M-H] - m/z 655.49 and 655.34 (300.70) has been fixed with the retention time 6.896 and 7.439min, the absorption maximum in the UV 324.2 nm.



According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 42 and 43 are Coumaroyl(tetraacetyl)-dihexoside isomer, MF: C<sub>29</sub>H<sub>36</sub>O<sub>17</sub> MW: 656 g/mol.

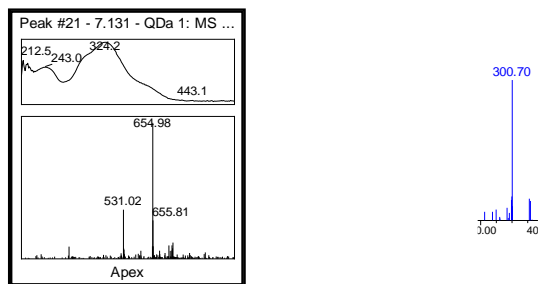


Figure 43. Substances 42;43 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 44 [M-H] - m/z 651.22 has been fixed with the retention time 6.466 min, the absorption maximum in the UV 325,5 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 44 is Quercetin-3-O-(acetyl) rutinoside), MF: [C<sub>29</sub>H<sub>34</sub>O<sub>17</sub>](#) MW: 652 g/mol.

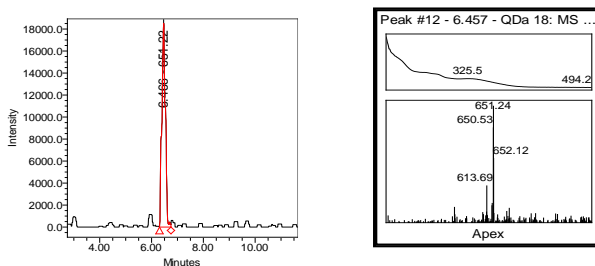


Figure 44. Substance 44 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 45 [M-H] - m/z 505.1 has been fixed with the retention time 6.466 min, the absorption maximum in the UV 254.6 and 352.2 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 45 is Quercetin-3-O-(acetyl)-hexoside), MF: [C<sub>23</sub>H<sub>22</sub>O<sub>13</sub>](#) MW: 506 g/mol.

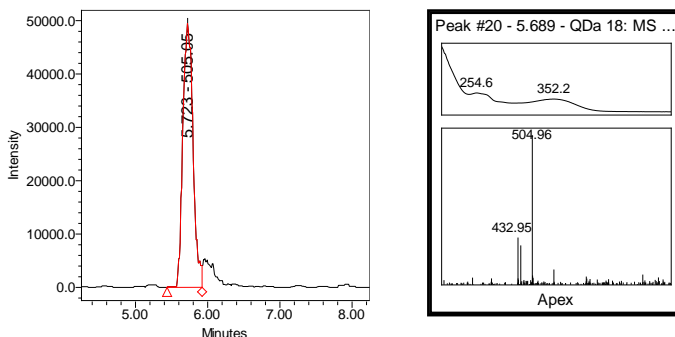
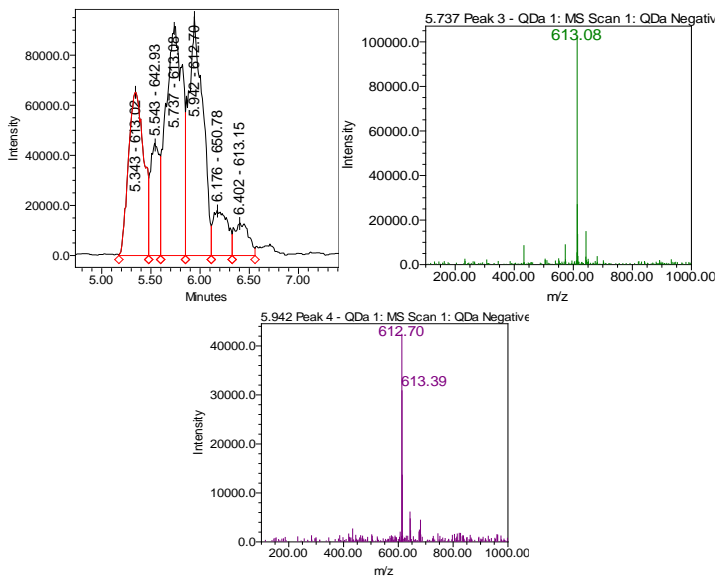


Figure 45. Substance 45 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 46;47 [M-H] - m/z 613.08 and 613.39 (300.70) has been fixed with the retention time 5.737 and 5.942 min, the absorption maximum in the UV 268.1 and 267.5 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 44 is Coumaroyl(triacetyl)-dihexoside isomer), MF: C<sub>27</sub>H<sub>24</sub>O<sub>16</sub> MW: 614 g/mol.



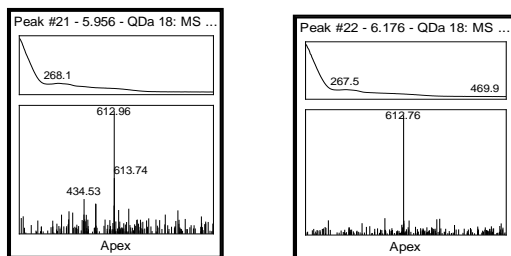


Figure 46. Substance 46;47 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 48 [M-H] - m/z 559.00 has been fixed with the retention time 4.261 min, the absorption maximum in the UV 310.0 nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 48 is feruloil-(acetyl)-hexose-hexoside isomer, MF:  $C_{24}H_{32}O_{15}$  MW: 560 g/mol.

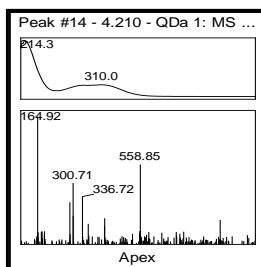
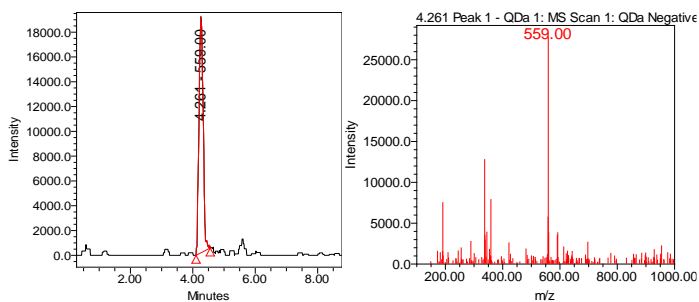


Figure 47. Substance 48 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 49 [M-H] - m/z 162.96 has been fixed with the retention time 3.587 min, the absorption maximum in the UV 316.8 nm. According to the

mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 49 is *p-Coumaric acid*, MF:  $C_9H_8O_3$  MW: 164.16 g/mol.

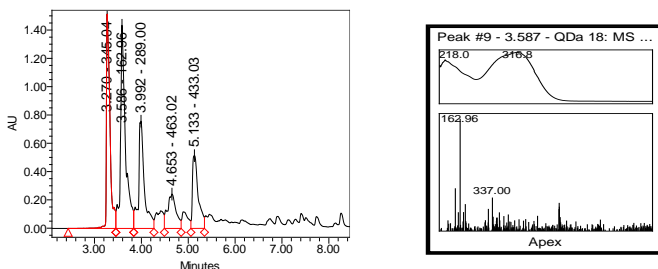


Figure 48. Substance 49 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H). Substance 50 [M-H] - m/z 366.97 has been fixed with the retention time 3.414 min, the absorption maximum in the UV 324.9nm. According to the mass base of METLIN compounds (<https://metlin.scripps.edu>), substance 50 is feruloil-quinic acid), MF:  $C_{17}H_{20}O_9$  MW: 367.1 g/mol.

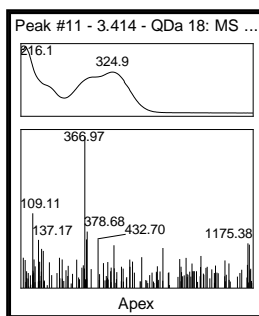


Figure 49. Substance 50 UPLC-PDA- MS chromatogram M/Z (M-H).

UPLC-MS characterization, LC-ESI MS negative and positive analysis of phenolic compounds of *Prunus cerasifera* Ehrh

Table 8

Compound	Name	RT (min)	Molecular formula	<i>m/z</i> (M-H <sup>+</sup> ) <sup>-</sup>	<i>Fragment</i>	UV max. (nm)
19	Catechin	5.348	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	288.97		281.7
20	Epicatechin	6.278	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	288.85		281.7
21	Quercetin	9.715	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	300.84		266.3
22	Compound 22	10.094	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> O <sub>7</sub>	300.84		266.3
23	apigenin 7-glucoside	10.268	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	430.92		266.3
24	compound 24	10.801	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>10</sub>	431.02		266.3
25	Luteolin-7-glucoside	5.869	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>	447.10		282.3
26	Quercetin 3-ramnoside	6.036	<a href="#">C<sub>21</sub>H<sub>20</sub>O<sub>11</sub></a>	446.91		319.9
27	Rutin (Quercetin-3-rutinoside)	7.731	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	608.94		254.6; 351.6



28	Quercetin-3-O-glucoside	7.916	$C_{21}H_{20}O_{12}$	462.97		254.6; 352.2
29	Quercetin-3-O-arabinoside	5.225	$C_{20}H_{18}O_{11}$	432.90		253.4
30	Quercetin-3-D-xyloside	5.457	$C_{20}H_{18}O_{11}$	433.01		352.2
31	procyanidin B1	11.004	$C_{30}H_{26}O_{12}$	576.85		278
32	procyanidin C1	10.732	$C_{45}H_{38}O_{18}$	864.81		276.3
33	Coumaroyl-quinic acid	5.101	$C_{16}H_{18}O_8$	337.06		310.6
34	Neochlorogenic acid	4.316	$C_{16}H_{18}O_9$	353.04		324.9
35	Chlorogenic acid	5.454	$C_{16}H_{18}O_9$	353.01		324.2
36	Resveratrol		$C_{14}H_{12}O$	227.24 (-) 229.09 (+)		282.3
37	Hexosyl-malic acid	6.081	$C_{10}H_{18}O_{10}$	296.91		282.3

38	caffeoyls hikimic acids	4.634	$C_{10}H_{18}O_{10}$	334.98		268.7
39	Caffeic acid hexoside	5.606	$C_{15}H_{18}O_9$	340.98		311.2
40	Hexose sugar alcohol (Sorbitol)	9.040	$C_6H_{14}O_6$	180.82		212.5
41	feruloylq uinic acids	3.414	$C_{17}H_{20}O_9$	366.97		324.9
42	Coumaro yl(tetraac etil)- dihexsosi de isomer	6.896	$C_{29}H_{36}O_{17}$	655.16		324.2
43	Coumaro yl(tetraac etil)- dihexsosi de isomer	7.439	$C_{29}H_{36}O_{17}$	655.26	300.7	324.2
44	Querceti n-3-O- (acetyl)- rutinosid e	6.466	$C_{29}H_{34}O_{17}$	651.22		325,5
45	Querceti n-3-O-	6.466	$C_{23}H_{22}O_{13}$	505.1		352.2

	(acetyl)- hexoside					
46	Coumaroyl(triacetyl)- dihexoside isomer	5.608	C <sub>27</sub> H <sub>24</sub> O <sub>16</sub>	613.01		268.1
47	Coumaroyl(triacetyl)- dihexoside isomer	6.103	C <sub>27</sub> H <sub>24</sub> O <sub>16</sub>	613.04		267.5
48	feruloyl- (acetyl)- hexose- hexoside isomer	4.261	C <sub>24</sub> H <sub>32</sub> O <sub>15</sub>	558.79		310.0
49	<i>p</i> - Coumaric acid	3.587	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	164.16		316.8
50	feruloil- quinic acid	3.414	C <sub>17</sub> H <sub>20</sub> O <sub>9</sub>	366.97		324.9

**4. The study of cations in the juice of fruits of some varieties and types of *Prunus cerasifera* Ehrh using a conductometric detector.**

The study of the cations of *Prunus cerasifera* Ehrh fruit juice was carried out by the chromatographic method with a conductometric detector; isocratic HPLC pump -Waters 1515, detector (Waters 432 -Conductivity), chromatographic column IC-PakCationMD, eluent 3 mM HNO<sub>3</sub>/0.1 mM

EDTA, eluent conductivity  $1250 \pm 50 \mu\text{S}$ , base sensitivity  $2000 \mu\text{S}$ , integrator sensitivity  $0.01 \mu\text{S}$ , column temperature  $35^\circ\text{C}$ , negative polarity. Before injection, analytical samples were precipitated in a ratio of 1:1 with 96% ethyl alcohol to precipitate pectin, after centrifugation, deionized water was added to the sample in a ratio of 1:10 (dilution factor  $F = 20$ ) and filtered through a filter with a size of  $0.45 \mu\text{m}$ . To identify the obtained components and determine the quantitative content of compounds (calibration curves were built), the following standards have been used: lithium hydroxide monohydrate ( $\text{Li}^+$ ), sodium chloride ( $\text{Na}^+$ ), ammonium chloride ( $\text{NH}_4^+$ ), potassium chloride ( $\text{K}^+$ ), magnesium hydrate ( $\text{Mg}^{2+}$ ), calcium nitrate tetrahydrate ( $\text{Ca}^{2+}$ ), strontium nitrate tetrahydrate ( $\text{Sr}^{2+}$ ), barium chloride dihydrate ( $\text{Ba}^{2+}$ ) (FisherScientific), EDTA (Serva).  
Lithium calibration curve formula  $Y = 3.55\text{e}+005 X - 7.26\text{e}+003$   
Sodium calibration curve formula  $Y = 1.44\text{e}+005 X + 9.50\text{e}+004$   
Ammonia calibration curve formula  $Y = 1.65\text{e}+005 X + 1.21\text{e}+005$   
Potassium calibration curve formula  $Y = 7.79\text{e}+004 X + 6.01\text{e}+004$   
Magnesium calibration curve formula  $Y = 2.97\text{e}+005 X + 2.76\text{e}+005$   
Calcium calibration curve formula  $Y = 1.28\text{e}+005 X + 2.28\text{e}+005$

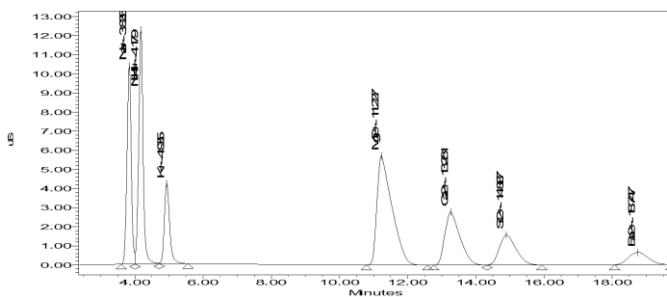


Figure 50. Standard chromatogram and spectral characteristics of minerals

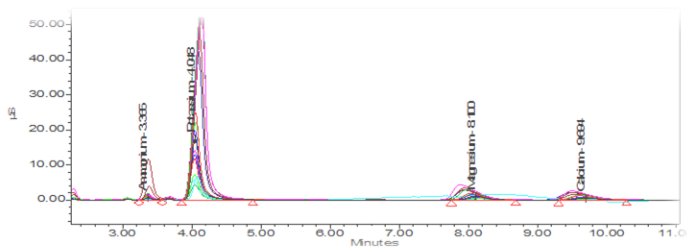


Figure 51 Characteristic chromatogram of cations of *Prunus cerasifera* Ehrh juice

**Cations of *Prunus cerasifera* Ehrh juice**

Table:9

Sample Name	Ammonium	Potassium	Magnesium	Calcium
Gazafkhulis merckhali	0,684	107,703	3,492	8,256
Akhalcikhura	0,949	32,12	0,67	1,422
Mirabela		13,046		0,108
Adjaruli vardisferi	1,209	155,11	3,433	4,305
Wild red tkemali(Khulo)	2,859	136,537	4,308	7,886
Ajanis Ungrula	0,221	36,939	0,874	1,313

At least 4 main cations have been fixed on the chromatograms: ammonium, potassium, magnesium and calcium. Potassium cations predominate in *Prunus cerasifera* Ehrh's samples.

**Chapter 5. Compounds of lipid nature of *Prunus cerasifera* Ehrh's stone.**

The study of the composition of carboxylic acids of *Prunus cerasifera* Ehrh's stones was carried out using a gas-liquid chromatograph (TRACE™ 1310 Gas Chromatograph - Thermo Scientific). Chromatography was performed on an SGE BPX5 Capillary GC Column 30 m long, 0.25 mm in diameter, and 0.25 μm stationary phase particle size, which was 5% phenylpolysilphenylenesiloxane.

To obtain oil from *Prunus cerasifera* Ehrh's stones, 50 g of air-dried and pre-crushed bones were grinded in a Bosch mill and placed in filter paper, bringing to a constant weight. The sample bag was dried at 70°C (1 hour) and placed in a Soxhlet apparatus for extraction for 48 hours. Extraction was carried out with hexane until the complete removal of fatty and pigment compounds. The resulting mass was dried in an oven at 70°C to constant weight. It has been determined that lipids make up 40-45% of the mass.

For gas-liquid chromatography of fats, it was necessary to carry out their esterification (obtaining esters from alcohol and acid), so they were pre-filtered to remove mechanical impurities. After this they were centrifuged and 0.5 ml of a 2N 96% alcoholic solution of KOH (ethanol or methanol can be used) was added to the supernatant. Then 10 ml of hexane was added (total volume 11.5 ml). Stirring was carried out until complete disclosure (for at least 30 seconds) and centrifuged for 10 minutes at 1000 rpm.

From the upper fraction of the sample, 1 µl of the test sample was injected through a 1.0 µl microsyringe manufactured by SGE Analytical Science. In chromatography, the mobile phase was helium at a rate of 0.700 ml/min. The temperature regime of the injector was 250°C, and the sample entering the column was divided into a helium flow in a ratio of 1/100.

Chromatography was carried out with a temperature gradient in three stages. In particular, chromatography was started at 140°C and carried out for 4 minutes. In the second step, the temperature was raised to 220° C at a rate of 20° C./min, and it continued for 16 minutes. In the third stage, the temperature was raised to 300°C at a rate of 7°C/min, and it carried out at this temperature for 7 minutes. The temperature regime of chromatography is also shown in fig. 10.

The total chromatography time was 42.43 minutes. The quantitative content of carboxylic acids was determined by the peak area in percent with an accuracy of 0.01%.

The identification of components obtained by chromatography was carried out on a sample of known composition, as well as some standard compounds, and compared with literature data. The specific composition of carboxylic acids of tkemali seeds oil was determined. The results of the analysis are presented on the chromatogram (Fig.52).

Chromatographic studies have shown that the oil obtained from the *Prunus cerasifera* Ehrh's stones contains up to thirteen fatty acids, namely: C 16-palmitic acid, C 17-heptadecanic acid, C 18-linolenic acid (C18:2n6c), cis-linolenic acid (omega- 6), oleic acid (C18:1n9c), elaidic acid (C18:1n9t), stearic acid (C18:0) (Table №10).

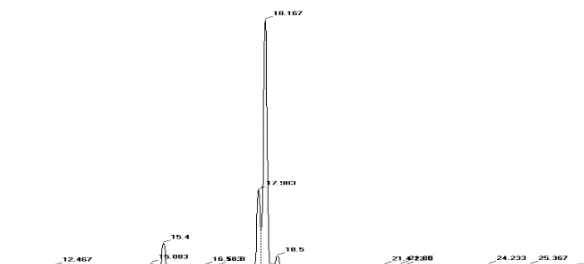


Figure 52. Gas-liquid chromatogram of lipid methyl esters.

Component composition of carboxylic acids. Table №10.

Peak	Component name	Retention time (min)	area %
1	Tetradecanoate acid methyl ester (C14:0)	12,467	0.022±0.001
2	Palmitoleic acid methyl ester (C16:1)	15,083	0.563±0.015
3	Palmitic acid methyl ester (C16:0)	15,400	5.199±0.135
4	Heptadecanoic acid methyl ester (C17:1)	16,533	0.107±0.003
5	Heptadecanoic acid methyl ester (C17:0)	16,900	0.049±0.001
6	Linoleic acid methyl ester (C18:2n6c)	17,983	20.246±0.526
7	Oleic acid methyl ester (C18:1n9c)	18,167	71.487±1.859

8	Stearic acid methyl ester (C18:0)	18,500	1.967±0.051
9	Eicosapentaenoic acid methyl ester (C20:5n3)	21,400	0.059±.002
10	Eicosenoic acid methyl ester (C20:1)	21,850	0.177±0.005
11	Erucic acid methyl ester (C22:1)	24,233	0.080±0.002
12	Behenic acid methyl ester (C22:0)	25,367	0.025±0.001
13	Nervonic acid methyl ester (C24:1)	30,900	0.019±0.001

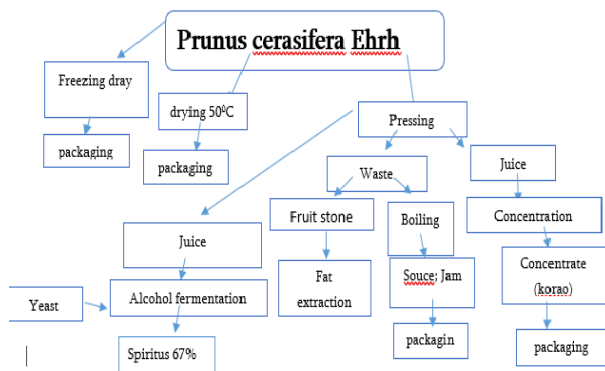
In conclusion, we can say that carboxylic acids C18 predominate in the composition of the oil obtained from *Prunus cerasifera* Ehrh's stones, their content is 92.685% of the total fat content. In particular, the dominant carboxylic acid is oleic acid (C18:1n9c) at 61.488%.

### **Chromatographic study of changes in biologically active compounds during the processing of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits**

*Prunus cerasifera* Ehrh fruits are perishable fruits due to their delicate structure and require proper post-harvest storage and handling under temperature controlled conditions. This will make it possible to consume *Prunus cerasifera* Ehrh throughout the year after it has been processed. *Prunus cerasifera* Ehrh is characterized by a high content of biologically active compounds and, accordingly, has a high antioxidant activity. Processing and storage of products require compliance with optimal conditions, while the quality of raw materials can be preserved as much as possible.

After identifying individual compounds in *Prunus cerasifera* Ehrh fruits, it was interesting to see how they are distributed in different parts of the fruit - peel, pulp, juice, and also what changes occur during fruit processing.





## Scheme 2. Processing of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits

**Processing of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits.** The total mass of the sample provided for analysis was 20 kg, of which fruits - 19.7 kg (98.5% of the total mass), leaves and stalks - 0.3 kg (1.5% of the total mass).

The biological activity of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits is determined by high antioxidant anthocyanins, phenolic acids and flavonoids. Their distribution in *Prunus cerasifera* Ehrh fruits is uneven. Phenolic compounds are found in high concentration in the peel of fruits (14752.15 mg/kg), of which the main part is catechins (11889.02 mg/kg) and anthocyanins (proanthocyanins).

Due to the excess of water-soluble forms of phenolic compounds in fruits, up to 70% of phenolic compounds pass into the juice, for other compounds the ratio is similar.

Biologically active compounds of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits and products derived from it undergo significant changes during the heat treatment of fruits. When preparing jam, their content is reduced by 10 times, and in jam - by 5 or more times. One reason for this is the use of

sweeteners (sugar, glucose, etc.), but the main effect is the high temperature.

**The obtaining of juice.** *Prunus cerasifera* Ehrh juice is obtained by cold pressing or after blanching. A stone is separated from a well-ripened fruit (pitting machine), and then the crushed mass is first pressed and then filtered. Another option is to blanch the fruits with hot steam or heat them with a little water, retaining the hot mass and removing it after the juice has separated. The juice yield during cold pressing was 60-62.5%; water-soluble compounds in the resulting juice - Brix 7.9-8.1% (extractable compounds 7.3-7.35%), titratable acidity 5.21-5.24%. The content of anthocyanins is 140 - 145 mg/100g. A certain part of the juice is pulp (30% for cold pressing, 33% for blanching; the bone (15-17%) and the skin with pulp (up to 3-5%) remain as waste.

Table №11

<b>Sample</b>	<b>Total phenols (d.m.c.) mg/kg</b>	<b>Total Flavonoids mg/kg</b>	<b>Total anthocyanins mg/kg</b>	<b>Leicoanthocyanins mg/kg</b>	<b>Catechin mg/kg</b>	<b>Antioxidant activity mg sample 50% inactivated 0.1 mM DPPH</b>
<b>Whole fruit</b>	10804.99	384.05	656.20	210.37	8930.80	9.56
<b>Pulp</b>	10679.03	412.93	483.07	173.11	7902.57	8.22
<b>Seed</b>	14752.15	267.18	1662.96	608.61	11889.02	4.71
<b>Waste</b>	7766.38	307.63	784.10	235.27	6770.34	9.50

<b>Pure</b>	2108.82	43.25	117.48	42.02	1502.63	11.99
<b>Jam</b>	1410.25	24.40	18.01	13.20	473.49	18.68
<b>Kora o (conc etrat)</b>	16335.62	490.45	2326.8 7	435.46	12242.9 0	2.12
<b>Juice</b>	7313.08	264.82	481.18	162.96	6215.60	30.56
<b>Sauce</b>	11392.49	233.25	726.06	239.46	8762.35	4.56
<b>Tklap i</b>	5496.02	182.01	371.62	126.82	4896.89	6.90

**Production of juice concentrate** - juice was concentrated under vacuum conditions (at a temperature of 40-45°C). Concentrate production reduces the volume of juice by 7 (55% Brix) - 9 times (60% Brix), which significantly reduces the volume of raw materials to be stored. The content of anthocyanins is maximally preserved in juice concentrate - 1305-1685 mg/kg.

The so-called water-soluble Brix compounds in *Prunus cerasifera* Ehrh juice were up to 10-11%, the content of anthocyanins was 191.67 mg/l. *Prunus cerasifera* Ehrh juice was used as a “wine” raw material of *Prunus cerasifera* Ehrh, where cultural yeast and an activator were respectively added, the content of anthocyanins in the obtained “wine” was 188.02 mg/l. As a result of alcoholic fermentation, up to 5.5-6% ethyl alcohol accumulated. The fermented mass after filtration was poured (under vacuum conditions). The content of ethyl alcohol in *Prunus c* vodka was up to 55% (with secondary overflow). We conducted a study of *Prunus* vodka obtained in different ways. The concentrate, obtained under vacuum conditions, retains pleasant taste properties. It was used in the preparation of *Prunus cerasifera* Ehrh sauce.

After squeezing the *Prunus cerasifera* Ehrh fruits, the **remaining mass** was about 20% of the total mass. Its main part was oil-containing bones.

## Gas-liquid chromatography of Prunus vodka.

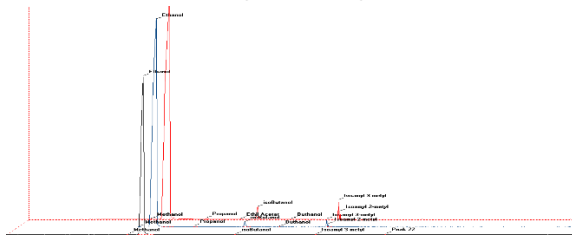
Alcoholic fermentation of *Prunus cerasifera* Ehrh juice and other products took place on spontaneous yeast (about 15-20 days). The transfer-obtained tkemali distillate was analyzed using a gas-liquid chromatograph (TRACE™ 1310 Gas Chromatograph - Thermo Scientific). Chromatography was carried out on a chromatographic capillary column SGE BPX5 Capillary GC Column 30 m long, 0.25 mm in diameter, and stationary phase particle size 0.25  $\mu\text{m}$ . The stationary phase was 5% Phenyl Polysilphenylene-siloxane.

In chromatography, the mobile phase was helium, the velocity gradient was:/// 1) 5 minutes at 0.500 ml/min, 2) 2 minutes at 0.700 ml/min, 3) 2 minutes at 1000 ml/min, 4) 20.5 minutes at 2000 ml/min. The test sample was injected using a 10  $\mu\text{l}$  microsyringe from SGE Analytical Science.

The temperature regime of the injector was 250°C, and the sample entering the column was divided into a helium flow in a ratio of 1/300.

Chromatography was carried out in a temperature gradient in two stages. In particular, we started chromatography at 28°C, which lasted 8 minutes. In the second step, the temperature was raised to 280° C at a rate of 20 (° C./min) and chromatography continued for 7 minutes. The total chromatography time was 27.60 minutes.

Alcohols separated chromatographically were detected on an aluminum ionization detector. The detector temperature was 300°C, hydrogen was supplied at a rate of 35 ml/min, air - 300 ml/min, degassing - with helium at a rate of 30 ml/min. The detector operation mode is presented in the form of a diagram in Figure 53.



**Fig №53** Prunus vodka; A Prunus vodka without pectin; B Prunus juice Vodka; C Prunus juice and peel vodka

№	Name	Prunus vodka without pectin Area %	Prunus juice vodka Area %	Prunus juice and peel vodka Area %
1	Methanol	0.085	0.053	0.053
2	Ethanol	99.764	99.075	96.201
3	Propanol	0.	0.107	0.094
4	Ethil Acetat	0	0	0.027
5	isoButanol	0.054	0.914	1.978
6	Butanol	0	0.018	0.033
7	Isoamyl 3-mety	0.060	0.603	1.117
8	Isoamyl 2-mety	0	0.231	0.495
9	Peak 22	0.037	0	0

Using several methods, Prunus vodka was obtained in order to establish a relationship between the methanol and pectin content in the fermenting mass. Interestingly, the removal of pectin from the juice did not lead to a decrease in the methanol content in the obtained vodka. On the contrary, it was slightly higher (0.085%) than in Prunus cerasifera Ehrh juice (0.053%), and in vodka obtained from Prunus cerasifera Ehrh juice and pulp (0.053). Research in this direction should be continued. But the content of other components as significantly reduced, propanol was not detected, while in other samples it is up to 0.1%. There was also a significant difference in isobutanol content of 0.05% and 0.9 and 1.9% in juice and pulp, respectively. The same was true for isoamyl derivatives. In vodka obtained from the mass purified from pectin, it was practically absent, while in other samples it was almost more than 2% in total.

#### **Changes in phenolic compounds during processing**

The preservation of individual representatives of phenolic compounds in Prunus cerasifera Ehrh fruits was carried out in different ways depending

on the processing methods. As a result of thermal action on anthocyanins, the content was significantly reduced in quantitative terms. Their content in jam waws reduced by almost 30 times. It has also been reduced 10 times in sauce and 4 times in concentrate (Corao) (Tab. 12).

Antocyanins in *Prunus cerasifera* Ehrh products

Table №13

Name	Cy-gal	Cy-rut	Peo-rut	Total mg/kg
Whole fruit	70.300±2.109	57.7±1.846	21.128±0.8451	151.001±4.530
Pulp	7.551±0.241	5.289±0.190	2.742±0.082	17.581±0.597
Juice	9.268±0.296	5.541±0.210	2.466±0.093	17.983±0.539
Skin	60.309±1.929	31.025±1.241	135.158±4.325	393.669±4.738
Tklapi traditional	1.743±0.055	1.968±0.074	1.684±0.058	5.395±0.178
Tklapi freezing dry	9.934±0.349	3.706±0.101	26.873±0.811	47.094±1.695
Korao vacuum	7.398±0.251	16.892±0.641	4.806±0.144	43.796±1.532
Korao traditional	3.903±0.156	10.246±0.327	3.384±0.121	41.538±1.453

Jam	0.818±0.024	3.365±0.107		6.049±0.205
Prunus sauce Sawebeli A	1.574±0.059	5.058±0.202	2.59±0.093	15.682±0.548
Prunus sauce Sawebeli C	10.470±0.35 3	13.195±0.50 1	2.903±0.087	30.049±0.967
Sawebeli A freezing dry	9.606±0.344	14.77±0.485	69.771±2.132	138.819±4.35 5

Neochlorogenic and chlorogenic acids predominate in *Prunus cerasifera* Ehrh fruits (0.47 and 0.46 mg/g in the whole fruit, respectively).

However, the temperature effect has a negative effect. Their content in jam is less than half, and in the sauce it increases due to spices and mass concentration. In traditional fabrics, it is significantly reduced, and with freeze-drying, it is almost 10 times higher.

phenol carbon acid, catechin and procyanidin of *Prunus cerasifera* Ehrh products

Table №14

Name	Neochlorogenic acid	Chlorogenic Acid	(+)-Catechin	Procyanidin A2	Total mg/g
Whole fruit	0.47± 0.016	0.46±0.017	0.2±0.006	0.052±0.001	1.182±0.02
Pulp	0.13±0.004	0.24±0.009	0.03±0.0009	0.010±0.0035	0.41±0.01
Juice	0.59±0.023	0.79±0.025	0.49±0.018	0.011±0.004	1.881±0.03
Skin	0.21±0.007	0.07±0.002	0.09±0.003	0.01±0.004	0.384±0.011

Tklapi traditional	0.09±0.003	0.14±0.005	0.07±0.002	0.003±0.0001	0.303±0.009
Tklapi freezing dry	0.61±0.023	1.35±0.047	0.3±0.01	0.017±0.0006	2.277±0.033
Korao vacuum	0.09±0.002	0.17±0.005	0.08±0.002	0.003±0.0001	0.26±0.009
Korao traditional	0.09±0.003	0.16±0.006	0.07±0.002	0.003±0.0001	0.25±0.008
Jam	0.149±0.005	0.415±0.013	0.02±0.0007	0.003±0.0001	0.567±0.015
Prunus sauce Sawebeli A	0.04±0.001	0.11±0.003	0.02±0.0007	0.003±0.0001	0.15±0.004
Prunus sauce Sawebeli C	1.32±0.050	1.02±0.040	0.2±0.007	0.003±0.0001	2.413±0.07
Sawebeli freezing dry A	1,37±0.041	1.69±0.050	0.07±0.002	0.003±0.0001	3.15±0.085

Prunus cerasifera Ehrh fruits contain a significant amount of flavonoid glycosides, quercetin derivatives (rutin, quercetin-3-O-glucoside and pentozide). The influence of temperature also has a negative effect here, reducing their content.



Quercetine derivate of *Prunus cerasifera* Ehrh products Table №15

Name	Rutin (Querceti-3- rutinoside)	Quercetin- 3-O- glucoside	Quercetin-3- O-pentoside	Total mg/g
Whole fruit	1.27±0.038	0.75±0.03	0.91±0.029	2.93±0.087
Pulp	0.31±0.009	0.56±0.016	0.8±0.027	1.67±0.053
Juice	0.46±0.015	1.29±0.041	1.28±0.046	3.03±0.103
Skin	0.09±0.003	0.31±0.0105	0.16±0.006	0.56±0.020
Tklapi traditional	0.13±0.004	0.21±0.007	0.27±0.009	0.61±0.023
Tklapi freezing dry	0.96±0.038	2.75±0.1045	0.345±0.013	4.055±0.141
Korao vacuum	0.023±0.0006	0.152±0.006	0.029±0.0009	0.204±0.007
Korao traditional	0.018±0.0005	0.117±0.003	1.47±0.049	1.605±0.060
Jam	0.32±0.0108	0.7±0.0245	0.47±0.016	1.49±0.059
Prunus sauce Sawebeli A	1.13±0.0406	0.78±0.029	0.4±0.015	2.31±0.08
Prunus sauce Sawebeli C	0.04±0.001	0.04±0.001	0.1±0.0004	0.18±0.005

Sawebeli freezing dry A	$0.32 \pm 0.012$	$0.31 \pm 0.009$	$0.01 \pm 0.0004$	$0.64 \pm 0.024$
-------------------------------	------------------	------------------	-------------------	------------------

### **Conclusions:**

There have been studied the technical characteristics of some wild-growing forms (5 forms) and cultivars (5 varieties) of *Prunus cerasifera* Ehrh, common in Western Georgia, as well as some physical and chemical indicators of juice. On this basis, it was found out that the fruit meets the requirements standard.

The chemical composition of some wild forms and cultivars of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits has been studied using a preparative HPLC collector and a PDA-MS UPLC detector. 4 carboxylic acids (malic acid, quinic acid, citric acid and galacturonic acid) and 3 carbohydrates (glucose, fructose and sucrose) have been individually isolated and identified.

In all cases studied, in some wild-growing forms of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits and cultivars, malic acid quantitatively exceeds the content of other carboxylic acids and makes up to 55-60% of their total amount. Quinic acid accumulates up to 20-25% of the total mass of acids, and citric acid - in a small amount (up to 5% of the total mass). The largest amount of these compounds passes into the juice (85-90%).

When studying some wild-growing forms and cultivars of *Prunus cerasifera* Ehrh fruits, it was found that glucose prevails in red-fruited varieties and forms with green leaves and makes up more than 50% of the carbohydrate content, while sucrose predominates in red-leaved forms (up to 60%). Sugar/acid index in *Prunus cerasifera* Ehrh fruit juice is less than 4.

5 anthocyanin aglycones have been identified from the pulp, juice and oilcake of some wild-growing forms and cultivars of fruits (cyanidin, peonidin, petunidin, malvidin, pelargonidin) and anthocyanidins (cyanidin-3-0-galactoside, cyanidin-3-0- glucoside, cyanidin-3-0-rutinoside, peonidin-3-0-rutinoside, malvidin-3-0-para-coumaroyl glucoside). The dominant compounds in all cases are cyanidin derivatives (cyanidin-3-0-rutinoside), and their content in the pulp, juice and oilcake is 25.6–9.6–12.48 mg/g, respectively.

There has been identified the content of catechin and epicatechin, as well as the presence of procyanidins B1 and C1 in the fruits of some wild forms and cultivars of *Prunus cerasifera* Ehrh. The total content of these compounds is 8930.80 mg/100 g (mg).

Among the flavonoid glycosides, there have been identified: apigenin-7-glucoside; luteolin-7-glucoside; rutin (quercetin-3-rutinoside); quercetin-3-O-glucoside; quercetin-3-O arabinoside and aglycone quercetin. Their total content is up to 384.05 mg/100 g.

*Prunus cerasifera* Ehrh fruits are rich in phenolic acids; there have been identified coumaroylquinic acid; neochlorogenic acid; chlorogenic acid.

There has been found silbene resveratrol in *Prunus cerasifera* Ehrh fruits. Using the HPLC method with a conductometric detector, it was found that potassium ions predominate among the cations of *Prunus cerasifera* Ehrh juice ( $2160.5 \pm 49.69$  ppm). 536-1000.02 g/t of calcium and  $536.73 \pm 12.34$  g/t of magnesium were also recorded in *Prunus cerasifera* Ehrh juice.

There has been developed an integrated technology for processing *Prunus cerasifera* Ehrh fruits, which makes it possible to use *Prunus cerasifera* Ehrh juice to produce *Prunus* vodka, and then use the concentrate as a filler.

It has been established that the *Prunus cerasifera* Ehrh bone contains up to 40-45% fat, which is mainly represented by unsaturated linoleic and oleic acids.

The developed technology of *Prunus* vodka allows to reduce the content of methanol and alcohol.

1. Jawad, M.; Ali, M.; Qasim, S.; Akbar, A.; Khan, N. A.; Sadiq, M. B. Determination of Phenolic Compounds and Bioactive Potential of Plum (*Prunus Salicina*) Peel Extract Obtained by Ultrasound-Assisted

Extraction. *BioMed Res. Int.* 2022, 2022, 7787958. <https://doi.org/10.1155/2022/7787958>.

1. Wang, Y.; Chen, X.; Zhang, Y.; Chen, X. Antioxidant Activities and Major Anthocyanins of Myrobalan Plum (*Prunus Cerasifera* Ehrh.). *J. Food Sci.* 2012, 77 (4), C388–C393. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02624.x>.

2. Celik, F.; Gundogdu, M.; Alp, S.; Muradoglu, F.; Ercişli, S.; Gecer, M. K.; Canan, I. Determination of Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Organic Acids Contents of *Prunus Domestica* L., *Prunus Cerasifera* Ehrh. and *Prunus Spinosa* L. Fruits by HPLC. *Acta Chromatogr.* 2017, 29 (4), 507–510. <https://doi.org/10.1556/1326.2017.00327>.

3. Hu, T.; Subbiah, V.; Wu, H.; BK, A.; Rauf, A.; Alhumaydhi, F. A.; Suleria, H. A. R. Determination and Characterization of Phenolic Compounds from Australia-Grown Sweet Cherries (*Prunus Avium* L.) and Their Potential Antioxidant Properties. *ACS Omega* 2021, 6 (50), 34687–34699. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05112>.

4. Sottile, F.; Napolitano, A.; Badalamenti, N.; Bruno, M.; Tundis, R.; Loizzo, M. R.; Piacente, S. A New Bloody Pulp Selection of Myrobalan (*Prunus Cerasifera* L.): Pomological Traits, Chemical Composition, and Nutraceutical Properties. *Foods* 2023, 12 (5), 1107. <https://doi.org/10.3390/foods12051107>.

5. Saraswathi, K.; Sivaraj, C.; Arumugam, P. Antioxidant and Antibacterial Activities of Ethanol Fruit Extract of Cherry Plum - *Prunus Cerasifera* Ehrh. *J. Drug Deliv. Ther.* 2020, 10 (1-s), 45–50. <https://doi.org/10.22270/jddt.v10i1-s.3851>.

6. Liaudanskas, M.; Okulevičiūtė, R.; Lanauskas, J.; Kviklys, D.; Zymonė, K.; Rendyuk, T.; Žvikas, V.; Uselis, N.; Janulis, V. Variability in the Content of Phenolic Compounds in Plum Fruit. *Plants* 2020, 9 (11), 1611. <https://doi.org/10.3390/plants9111611>.

7. Valderrama-Soto, D.; Salazar, J.; Sepúlveda-González, A.; Silva-Andrade, C.; Gardana, C.; Morales, H.; Battistoni, B.; Jiménez-Muñoz, P.;

- González, M.; Peña-Neira, Á.; Infante, R.; Pacheco, I. Detection of Quantitative Trait Loci Controlling the Content of Phenolic Compounds in an Asian Plum (*Prunus Salicina* L.) F1 Population. *Front. Plant Sci.* 2021, 12.
8. Abraão, A. S.; Fernandes, N.; Silva, A. M.; Domínguez-Perles, R.; Barros, A. *Prunus Lusitanica* L. Fruits as a Novel Source of Bioactive Compounds with Antioxidant Potential: Exploring the Unknown. *Antioxidants* 2022, 11 (9), 1738. <https://doi.org/10.3390/antiox11091738>.
9. Fratianni, F.; d’Acierno, A.; Ombra, M. N.; Amato, G.; De Feo, V.; Ayala-Zavala, J. F.; Coppola, R.; Nazzaro, F. Fatty Acid Composition, Antioxidant, and in Vitro Anti-Inflammatory Activity of Five Cold-Pressed *Prunus* Seed Oils, and Their Anti-Biofilm Effect Against Pathogenic Bacteria. *Front. Nutr.* 2021, 8, 775751. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.775751>.
10. Savic Gajic, I.; Savic, I.; Cekić, N.; Đorđević, D.; Bogićević, M. The Valorization of Plum Seed Oil for the Development of Topical Formulation. *Adv. Technol.* 2022, 11, 22–31. <https://doi.org/10.5937/savteh2201022S>.
11. Wang, Y.; Chen, X.; Zhang, Y.; Chen, X. Antioxidant Activities and Major Anthocyanins of Myrobalan Plum (*Prunus Cerasifera* Ehrh.). *J. Food Sci.* 2012, 77 (4), C388–C393. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02624.x>.
12. Celik, F.; Gundogdu, M.; Alp, S.; Muradoglu, F.; Ercişli, S.; Gecer, M. K.; Canan, I. Determination of Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Organic Acids Contents of *Prunus Domestica* L., *Prunus Cerasifera* Ehrh. and *Prunus Spinosa* L.
13. Moscatello, S.; Frioni, T.; Blasi, F.; Proietti, S.; Pollini, L.; Verducci, G.; Rosati, A.; Walker, R. P.; Battistelli, A.; Cossignani, L.; Famiani, F. Changes in Absolute Contents of Compounds Affecting the Taste and Nutritional Properties of the Flesh of Three Plum Species

- Throughout Development. *Foods* 2019, 8 (10), 486. <https://doi.org/10.3390/foods8100486>.
14. Sottile, F.; Napolitano, A.; Badalamenti, N.; Bruno, M.; Tundis, R.; Loizzo, M. R.; Piacente, S. A New Bloody Pulp Selection of Myrobalan (*Prunus Cerasifera* L.): Pomological Traits, Chemical Composition, and Nutraceutical Properties. *Foods* 2023, 12 (5), 1107. <https://doi.org/10.3390/foods12051107>.
15. Sarıdaş, M. A.; Kafkas, E.; Zarifikhosroshahi, M.; Bozhaydar, O.; Paydaş Kargı, S. Quality Traits of Green Plums (*Prunus Cerasifera* Ehrh.) at Different Maturity Stages. *Turk. J. Agric. For.* 2016, 40, 655–663. <https://doi.org/10.3906/tar-1603-45>.
16. Smailagić, A.; Veljović, S.; Gašić, U. M.; Dabić-Zagorac, D.; Stanković, M.; Radotić, K.; Natić, M. Phenolic Profile, Chromatic Parameters and Fluorescence of Different Woods Used in Balkan Cooperage. *Ind. Crops Prod.* 2019, 132, 156–167. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.017>.
17. Phenolic profile of pollen collected from different “Oblačinska” sour cherry (*Prunus cerasus* L.) clones | International Society for Horticultural Science. [http://www.actahort.org/books/1235/1235\\_53.htm](http://www.actahort.org/books/1235/1235_53.htm) (accessed 2023-03-17).
18. Celik, F.; Gundogdu, M.; Alp, S.; Muradoglu, F.; Ercişli, S.; Gecer, M. K.; Canan, I. Determination of Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Organic Acids Contents of *Prunus Domestica* L., *Prunus Cerasifera* Ehrh. and *Prunus Spinosa* L. Fruits by HPLC. *Acta Chromatogr.* 2017, 29 (4), 507–510. <https://doi.org/10.1556/1326.2017.00327>.
19. Chemical Composition of Fruit in Myrobalan Genotypes (*Prunus Cerasifera* Ehrh.) of the Gornje Polimlje Region. *Vocarstvo* 2007, 41 (1), 57–61.
20. Chemical Composition of the Fruit of Georgian Myrobalan Plum from the Krasnodar Territory Varieties of *Prunus Cerasifera* Ssp. *Georgica*.1. *Tr. Po Prikl. Bot. Genet. Sel.* 1981, 3, 90–93.

21. Gündeşli, M. A.; Uğur, R.; Palaz, E. B. PCPM (*Prunus Cerasifera* X *Prunus Microcarpa*) Hybrid Rootstock Candidate: Identification and Production Possibilities with Hardwood Cutting. *Int. J. Agric. Environ. Food Sci.* 2021, 350.
22. Nečas, T.; Rampáčková, E.; Göttingerová, M.; Kiss, T.; Ondrášek, I. Evaluation of Non-Traditional Plum Cultivars for Growing in the Czech Conditions. *Acta Hort.* 2021, No. 1322, 113–124. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1322.18>.
23. Górnaś, P.; Rudzińska, M.; Soliven, A. Industrial By-Products of Plum *Prunus Domestica* L. and *Prunus Cerasifera* Ehrh. as Potential Biodiesel Feedstock: Impact of Variety. *Ind. Crops Prod.* 2017, 100, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.02.014>.
24. [25] (24) Savic, I.; Savic Gajic, I.; Gajic, D. Physico-Chemical Properties and Oxidative Stability of Fixed Oil from Plum Seeds (*Prunus Domestica* Linn.). *Biomolecules* 2020, 10 (2), 294. <https://doi.org/10.3390/biom10020294>.
25. Górnaś, P.; Rudzińska, M.; Raczky, M.; Mišina, I.; Soliven, A.; Lācis, G.; Segliņa, D. Impact of Species and Variety on Concentrations of Minor Lipophilic Bioactive Compounds in Oils Recovered from Plum Kernels. *J. Agric. Food Chem.* 2016, 64 (4), 898–905. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05330>.
26. Krist, S. Plum Kernel Oil. In *Vegetable Fats and Oils*; Krist, S., Ed.; Springer International Publishing: Cham, 2020; pp 599–603. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30314-3\\_95](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30314-3_95).
27. Saeed, A.; Hanif, M. A.; Nawaz, H.; Qadri, R. W. K. The Production of Biodiesel from Plum Waste Oil Using Nano-Structured Catalyst Loaded into Supports. *Sci. Rep.* 2021, 11 (1), 24120. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03633-w>.
28. Saraswathi, K.; Sivaraj, C.; Arumugam, P. Antioxidant and Antibacterial Activities of Ethanol Fruit Extract of Cherry Plum - *Prunus*



- Cerasifera Ehrh. J. Drug Deliv. Ther. 2020, 10 (1-s), 45–50. <https://doi.org/10.22270/jddt.v10i1-s.3851>.
29. Saeed, A.; Hanif, M. A.; Nawaz, H.; Qadri, R. W. K. The Production of Biodiesel from Plum Waste Oil Using Nano-Structured Catalyst Loaded into Supports. Sci. Rep. 2021, 11 (1), 24120. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03633-w>.
30. Celik, F.; Gundogdu, M.; Alp, S.; Muradoglu, F.; Ercişli, S.; Gecer, M. K.; Canan, I. Determination of Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity and Organic Acids Contents of Prunus Domestica L., Prunus Cerasifera Ehrh. and Prunus Spinosa L. Fruits by HPLC. Acta Chromatogr. 2017, 29 (4), 507–510. <https://doi.org/10.1556/1326.2017.00327>.
31. Gündüz, K.; Saraçoğlu, O. Variation in Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Prunus Cerasifera Ehrh. Selections from Mediterranean Region of Turkey. Sci. Hortic. 2012, 134, 88.
32. Liu, W.; Nisar, M. F.; Wan, C. Characterization of Phenolic Constituents from Prunus Cerasifera Ldb Leaves. J. Chem. 2020, 2020, e5976090. <https://doi.org/10.1155/2020/5976090>.
33. BaoZhi, Z.; QunLu, L.; HuiTing, Z. Optimization of the ultrasonic extraction of anthocyanins from Prunus cerasifera leares. J. Shanghai Jiaotong Univ. - Agric. Sci. 2013, 31 (6), 41–47.
34. Chen, F.-F.; Sang, J.; Zhang, Y.; Sang, J. Development of a Green Two-Dimensional HPLC-DAD/ESI-MS Method for the Determination of Anthocyanins from Prunus Cerasifera Var. Atropurpurea Leaf and Improvement of Their Stability in Energy Drinks. Int. J. Food Sci. Technol. 2018, 53 (6), 1494–1502. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13730>.
35. Wei, L.; Farrukh, N. M.; Chunpeng, W. Characterization of Phenolic Constituents from Prunus Cerasifera Ldb Leaves. J. Chem. Web 2020, 2020.
36. Jaffri, S. B.; Ahmad, K. S. Prunus Cerasifera Ehrh. Fabricated ZnO Nano Falcates and Its Photocatalytic and Dose Dependent in Vitro Bio-Activity: Photodegradation and Antimicrobial Potential of Biogenic ZnO

Nano Falcates. Open Chem. 2018, 16 (1), 141–154.  
<https://doi.org/10.1515/chem-2018-0022>.

37. Shi, Z.; Jia, C.; Wang, D.; Deng, J.; Xu, G.; Wu, C.; Dong, M.; Guo, Z. Synthesis and Characterization of Porous Tree Gum Grafted Copolymer Derived from Prunus Cerasifera Gum Polysaccharide. Int. J. Biol. Macromol. 2019, 133, 964–970.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.128>.

38. Song, W.; Qin, S.-T.; Fang, F.-X.; Gao, Z.-J.; Liang, D.-D.; Liu, L.-L.; Tian, H.-T.; Yang, H.-B. Isolation and Purification of Condensed Tannin from the Leaves and Branches of Prunus Cerasifera and Its Structure and Bioactivities. Appl. Biochem. Biotechnol. 2018, 185 (2), 464–475. <https://doi.org/10.1007/s12010-017-2635-9>.

39. Chemical Composition of the Fruit of Georgian Myrobalan Plum in the Krasnodar Region. Tr. Po Prikl. Bot. Genet. Sel. 1981, 70 (3), 90–93.

40. Inheritance of Chemical Composition of the Fruit in Hybrids of Myrobalan and Tkemali. Materialy 1981, 4 go S"ezda Gruz o va genetikov i selektsionerov, Tbilisi, 18-20 noyab 1981, 66–67.

41. Baiashvili, E. Morphological Diversity of Georgian Forms of Prunus Cerasifera Ehrh.