

საჯარო სამართლის იურიდიული პირი - ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტი
ქიმიის დეპარტამენტი



ნონა აბაშიძე

„დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული თაფლის
ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების კვლევა UPLC
მეთოდებით“

წარდგენილია ქიმიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
სპეციალობა - ბუნებრივ ნაერთთა ანალიზი

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

ბათუმი - 2024

სარჩევი

შესავალი.....	3
1. ლიტერატურული მიმოხილვა.....	11
1.2. თაფლის დახასიათება.....	11
2. ექსპერიმენტული ნაწილი.....	32
2.1. კვლევის ობიექტი	32
2.2. კვლევის მეთოდები	36
2.3.თაფლის ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურებისათვის მტვრიანების მიკროსკოპული კვლევა.....	44
2.4. თაფლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების შესწავლა.....	52
2.5. დასავლეთ საქართველოში მოწეული თაფლის ნახშირწყლების კვლევა HPLC - მეთოდით.....	73
2.6. თაფლის კატიონების თვისობრივი და რაოდენობრივი კვლევა HPLC კონდუქტომეტრული მეთოდის გამოყენებით.....	82
2.7. თაფლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების UPLC PDA-MS მეთოდით კვლევა93	
2.8. თაფლის საერთო ფენოლების, ფლავონოიდების, ფენოლკარბომჟავების შეცვლობის შესწავლა და ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრა.....	110
2.9. ანდრომედოტოქსინის ანალიზი UPLC PDA-MS მეთოდით.....	114
2.10. მძიმე მეტალებისა და ანტიბიოტიკების UPLC PDA-MS მეთოდით კვლევა.....	121
დასკვნა.....	127
ლიტერატურა.....	131

შესავალი

თემის აქტუალობა - თავლი - პოპულარული საკვები დანამატია [17,89], რომლის წარმოების ისტორია უძველესი დროიდან იწყება. იგი წარმოადგენს ერთადერთ კონცეტრირებულ და მზა ნატურალურ დამატებობელს, რომელსაც ადამიანი ასწლეულების განმავლობაში ინტენსიურად იყენებდა. დღეისათვის მსოფლიოს მრავალი ქვეყანა მისდევს მეფუტკრეობას, აწარმოებს სხვადასხვა სახის თავლს და, შესაბამისად, მსოფლიო ბაზარზე ის ნაირსახეობითაა წარმოდგენილი. მართალია, თავლის, როგორც დამატებობლის მოხმარება უფრო ინტენსიური იყო შაქრის სამრეწველო წარმოებამდე (მე-19 საუკუნემდე), მაგრამ დღეს იგი განიხილება, როგორც ფუნქციური ნატურალური პროდუქტი [6,172,116].

მეფუტკრეობა, როგორც სოფლის მეურნეობის ერთ-ერთი უძველესი დარგი, მჭიდროდ იყო დაკავშირებული საქართველოს ისტორიასთან და დღესაც მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. საქართველოს მსოფლიოში ერთ-ერთი უდიდესი ეკოსისტემა აქვს, იგი აგროეკოლოგიური ზონების ფართო სპექტრს მოიცავს, რაც იდეალურ პირობას ქმნის სხვადასხვა წარმოშობის თავლის წარმოებისათვის. საქართველოში თავლის დოვლათს, ძირითადად, საოჯახო მეურნეობები ქმნიან.

თავლის ბაზრის გლობალიზაციის პირობებში, რომელშიც დღეისათვის ჩართულია ათეულობით ქვეყანა, მეტად მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს თავლის წარმომავლობისა და იდენტობის დადასტურება. თავლის ფერი, არომატი, გემო და სამკურნალო-პროფილაქტიკური თვისებები დამოკიდებულია ყვავილის ნექტარზე, ამ უკანასკნელის შედგენილობა კი სწორედ იმ ენტომოფილურ მცენარეებზე, რომლებიც თავლის მოწვევის დროს ყვავილობენ მოცემულ რეგიონში. მცენარეთა შესაბამისად - ყვავილების ქიმიური შედგენილობა მთლიანობაში დამოკიდებულია არა მარტო მცენარეზე, არამედ მცენარის ზრდა-განვითარების ნიადაგობრივ-კლიმატურ პირობებზე. მცენარის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები ჯერ გვხვდება ნექტარში, და შემდეგ – თავლში, რომელიც მას სძენს სხვადასხვა

ხარისხის ანტიოქსიდანტურ, ანტიბაქტერიულ და ანტირადიკალურ თვისებას [140,192,125].

პრობლემის ფორმულირება - თაფლი მაღალი კვებითი და ფუნქციონალური თვისებების გამო ფართო მოხმარებით, მაღალი ფასითა და მზარდი პოპულარობით ხასიათდება, როგორც მთელ მსოფლიოში, ასევე – საქართველოში. თაფლის შემადგენლობა საერთაშორისო დონეზე Codex Alimentarius-სის მიერ (Codex Standard for Honey, 2001) დადგენილი სტანდარტებითა და ნორმებით რეგულირდება. ჩვენი ქვეყნის რეალობაში თაფლის ქიმიური შემადგენლობის კვლევამ მეტი აქტუალობა შეიძინა, როდესაც ევროკავშირის ქვეყნებში ქართული თაფლის ექსპორტის შესაძლებლობა გაჩნდა. თაფლის ცნობადობა იზრდება მასზე მრავალფეროვანი და სხვადასხვა მიმართულებით წარმართული კვლევების სიმრავლით. სამწუხაროდ, ქართული თაფლის შემთხვევაში ეს ჯერ კიდევ მხოლოდ ჩანასახშია. თაფლის ქიმიური შემადგენლობის შესწავლა საშუალებას მოგვცემს, შევაფასოთ თაფლის ხარისხის მრავალფეროვანი მახასიათებლები, დავადგინოთ თაფლის ბოტანიკური წარმოშობა, ანტიბიოტიკებითა და მძიმე მეტალებით დაბინძურების ხარისხი, მიღებული შეჯერებული მონაცემების გამოქვეყნებით უფრო ცნობადი გახადონ ქართული თაფლი.

კვლევის მიზანი და ამოცანები - დასავლეთ საქართველოში მოწეული სხვადასხვა წარმოშობის მონო და პოლიფლორული თაფლის, ასევე, ნახევრად ველური - ჯარას თაფლის, ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების შესწავლა, ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების გამოყოფა და იდენტიფიკაცია, მათი რაოდენობრივი შემცველობის დადგენა და ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრა. თაფლის ბოტანიკური წარმოშობის დასადგენად თაფლის მტვრიანების მორფოლოგიური სტრუქტურისა და კონცენტრაციის დადგენა. თაფლში ანდრომედოტოქსინის, მძიმე მეტალებისა და ანტიბიოტიკების განსაზღვრა.

დასავლეთ საქართველოში მოწეული თაფლის ქიმიური შემადგენლობის შესწავლა და ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების კვლევა, თანამედროვე - UPLC მეთოდების გამოყენებით. ასევე, თაფლის ბოტანიკური წარმოშობის დასადგენად თაფლის მტვრიანების მორფოლოგიური სტრუქტურის, კონცენტრაციის დადგენა,

მტვრიანების ატლასის შექმნა, შესაბამისი თაფლის ქიმიური შედგენილობის გავლენა მის ბიოლოგიურ აქტივობაზე. თაფლის მახასიათებლების ანალიზი ქემომეტრიული მეთოდების გამოყენებით და მიღებულ შედეგებს შორის კორელაციის დონის განსაზღვრა, რაც დაადასტურებს მახასიათებლებს შორის ურთიერთდამოკიდებულებას. ეს უკანასკნელი კი საშუალებას მოგვცემს, შესაბამისი წარმოშობის თაფლისათვის შეიქმნას კონკრეტული მოდელი, თაფლის წარმოშობის მაქსიმალურად უტყუარი დადასტურებისათვის.

ამოცანები:

1. თაფლის ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურებისათვის მტვრიანების მიკროსკოპული კვლევა;
2. თაფლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების შესწავლა;
3. თაფლის ნახშირწყლების თვისობრივი და რაოდენობრივი კვლევა HPLC-UV,Vis,RI - ის მეთოდით;
4. თაფლის კატიონების თვისობრივი და რაოდენობრივი კვლევა HPLC კონდუქტომეტრული მეთოდის გამოყენებით;
5. თაფლის ფენოლური ნაერთების UPLC PDA-MS მეთოდით კვლევა;
6. თაფლის საერთო ფენოლების, ფლავონოიდების, ფენოლკარბომჟავების შეცველობის შესწავლა ფა ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრა;
7. ანდრომედოტოქსინის ანალიზი UPLC PDA-MS მეთოდით;
8. მძიმე მეტალებისა და ანტიბიოტიკების UPLC PDA-MS მეთოდით კვლევა;
9. სტატისტიკური ანალიზი;

მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული მნიშვნელობა – საქართველოში პირველად ჩატარდა კვლევები თაფლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ანალიზის მიმართულებით. ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და თანამედროვე ინსტრუმენტული მეთოდების გამოყენებით გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულ იქნა 4 ნახშირწყალი: ფრუქტოზა, გლუკოზა, საქაროზა და მალტოზა.

ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებიდან იდენტიფიცირებულ იქნა 21 ნაერთი, 4 ორგანული მჟავა: ვაშლმჟავა, გლუკონის მჟავა, მჟაუნმჟავა, ქინაქინის მჟავა, 10 ფენოლკარბომჟავა: 4 ჰიდროქსიბენზოის მჟავა, აბცისის მჟავა, კოფეინის მჟავა, პროტოკატექინის მჟავა, P - კოუმარის მჟავა, შიკიმის მჟავა, 2.5 დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა, სალიცილის მჟავა, ჰიდროქსიბენზოის მჟავა, 2.4 დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა, 7 ფლავონოიდი: პინობაქსინი, აპიგენინი, აკაცეტინი, მეთოქსი კემფეროლი, იზორამნეტინი, ბის მეთილ კვერცეტინი, გენტისალდეჰიდი.

თაფლის ნიმუშებში კვლევა ჩატარდა 12 ანტიბიოტიკზე: ოქსიტეტრაციკლინი, ტეტრაციკლინი, სტრეპტომიცინი, სილვადიმეტოქსინი, ქლორამფენიკოლი, მეტრონიდაზოლი, რონიდაზოლი, ერიტრომიცინი, ნიტროფურანი, ლინკომიცინი, ტილოსინი, რიფამპიცინუმი.

ასევე განსაზღვრულ იქნა 7 მძიმე მეტალი: კადმიუმი, კობალტი, ქრომი, ვერცხლისწყალი, დარიშხანი, ტყვია, თუთია. 5 კატიონი: ნატრიუმის, ამონიუმის, კალიუმის, მაგნიუმისა და კალციუმის .

კერძოდ შესწავლილ იქნა

ნაშრომის თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა - მიღებული შედეგები საინტერესოა არა მარტო მეცნიერული თვალსაზრისით, არამედ მას მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ღირებულება აქვს აგრარულ სექტორში მომუშავე სპეციალისტებისათვის. მიღებული შედეგებით მოხდება თაფლის პასპორტიზაცია და გაკეთდება დასკვნები მათი წარმომავლობის შესახებ. ეს კი ხელს შეუწყობს უნივერსიტეტის კვლევითი პოტენციალის ცნობადობას რეგიონში და აგრარულ სექტორში კონკურენტუნარიანობისა და პროდუქციის ხარისხის ამაღლებას.

სამუშაოს აპრობაცია - კვლევის შედეგები ასახულია 4 სამეცნიერო სტატიაში, 1 მონოგრაფიასა და 5 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალაში.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა აკაციის, წაბლის, ჯარას, ცაცხვისა, ცაცხვი-წაბლის და პოლიფლორული (შემოდგომა და გაზაფხული) თაფლი. ნიმუშები აღებულ

იქნა 2018-2023 წლებში, დასავლეთ საქართველოს 4 რეგიონში: აჭარა, გურიას, იმერეთი და სამეგრელო.

კვლევის მეთოდოლოგია – კვლევის ობიექტს ვსწავლობდით კვლევის თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით. თავლის ნიმუშებს ვიკვლევდით შემდეგი სქემის მიხედვით:

1. მტვრიანების ანალიზი - ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურება
2. ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების განსაზღვრა
3. ქრომატოგრაფიული ანალიზი:
 - 3.1. ნახშირწყლების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი;
 - 3.2. კატიონების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი;
 - 3.3. ფენოლური ნაერთების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი;
 - 3.4. ანდრომედოტოქსინის ანალიზი;
 - 3.5. მძიმე მეტალებისა და ანტიბიოტიკების ანალიზი;

კვლევისათვის გამოყენებულ იქნა ხელსაწყოები: HPLC, UPLC-MS Acquity H Class-ის ქრომატოგრაფები, pH მეტრი და კონდუქტომეტრი - pH/Ion meter S220 და S230 Conductivity, Mettler Toledo UV5, UV/Vis სკანირებადი სპექტოფოტომეტრი. სინათლის მიკროსკოპი, რომელიც აღჭურვილი იყო ვიდეოთვალთ (AmScope/ Microscope Digital Camera 18MP Aptina Color CMOS/Ultra-Fine Color Engine Inside/MU1803 USB3.0DC5V.900mA).

მეცნიერული სიახლე – საქართველოში პირველად ჩატარდა კვლევები თავლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ანალიზის მიმართულებით. ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და თანამედროვე ინსტრუმენტული მეთოდების გამოყენებით გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულ იქნა 4 ნახშირწყალი: ფრუქტოზა, გლუკოზა, საქაროზა და მალტოზა. ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებიდან იდენტიფიცირებულ იქნა 21 ნაერთი, 4 ორგანული მჟავა: ვაშლმჟავა, გლუკონის მჟავა, მჟაუნმჟავა, ქინაქინის მჟავა, 10 ფენოლკარბომჟავა: 4 ჰიდროქსიბენზოის მჟავა, აზცისის მჟავა, კოფეინის მჟავა, პროტოკატექინის მჟავა, P - კოუმარის მჟავა, შიკიმის მჟავა, 2.5 დიჰიდროქსიბენზოის

მჟავა, სალიცილის მჟავა, ჰიდროქსიბენზოის მჟავა, 2.4 დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა, 7 ფლავონოიდი: პინობაქსინი, აპიგენინი, აკაცეტინი, მეთოქსი კემფეროლი, იზორამნეტინი, ბის მეთილ კვერცეტინი, გენტისალდეჰიდი.

თაფლის ნიმუშებში კვლევა ჩატარდა 12 ანტიბიოტიკზე: ოქსიტეტრაციკლინი, ტეტრაციკლინი, სტრეპტომიცინი, სილვადიმეტოქსინი, ქლორამფენიკოლი, მეტრონიდაზოლი, რონიდაზოლი, ერიტრომიცინი, ნიტროფურანი, ლინკომიცინი, ტილოსინი და რიფამპიცინუმი.

ასევე განსაზღვრულ იქნა 7 მძიმე მეტალი: კადმიუმი, კობალტი, ქრომი, ვერცხლისწყალი, დარიშხანი, ტყვია, თუთია და 5 კატიონი: ნატრიუმის, ამონიუმის, კალიუმის, მაგნიუმისა და კალციუმის .

კერძოდ, კვლევა განხორციელდა 400-მდე თაფლის ნიმუშში და, საშუალო მაჩვენებლების გათვალისწინებით, შედეგები წარმოდგენილია 152 ნიმუშის სახით. თაფლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები წარმოდგენილია (საშუალო მაჩვენებლით) აკაციის 30, ჯარას 18 და წაბლის 14 ნიმუშში, ანდრომედოტოქსინი შესწავლილი იქნა შემოდგომის პოლიფლორული თაფლის 12 ნიმუშში, იონები 18 ნიმუშში, ანტიბიოტიკები კი სხვადასხვა ბოტანიკური წარმოშობის 50 თაფლის ნიმუშში.

წაშრომის თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა – საქართველოში პირველად ჩატარდა კვლევები თაფლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ანალიზის მიმართულებით - ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და თანამედროვე ინსტრუმენტული მეთოდების გამოყენებით, გამოყოფილი და იდენტიფიცირებულ იქნა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები.

მიღებული შედეგები საინტერესოა არა მარტო მეცნიერული თვალსაზრისით, არამედ მას მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ღირებულება აქვს აგრარულ სექტორში მომუშავე სპეციალისტებისათვის. მიღებული შედეგებით მოხდება თაფლის პასპორტიზაცია და გაკეთდება დასკვნები მათი წარმომავლობის შესახებ. ეს კი ხელს

შეუწყობს უნივერსიტეტის კვლევითი პოტენციალის ცნობადობას რეგიონში და აგრარულ სექტორში კონკურენტუნარიანობისა და პროდუქციის ხარისხის ამაღლებას.

სამუშაოს აპრობაცია - კვლევის შედეგები ასახულია 4 სამეცნიერო სტატიაში, 1 მონოგრაფიასა და 4 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალაში.

გამოქვეყნებული სამეცნიერო შრომები:

1. Abashidze, N., Japaridze, I., Vanidze, M., Baazovi, Z., & Peshkova, T. (2021). "Study of honey Andromedotoxin in Western Georgia by UPLC-MS". *Annals of Agrarian Science* 19(2):111-119
2. Abashidze, N., Japaridze, I., Chikovani, D., Kalandia, A., & Vanidze, M. (2020). "Antibiotics and heavy metals in Georgian honey". *Annals of Agrarian Science* V.3 P.404-408
3. Abashidze N., Vanidze M., Djaparidze I., Kalandia A. (2018). "PHENOL COMPOUNDS AS THE MARCERS OF BOTANICAL ORIGINS OF HONEY". " PRESS-BOOK.RU"; ISBN 978-5-6040654-4-0
4. Abashidze, N., Vanidze, M., Kharadze, M., Djaparidze, I., & Kalandia, A. (2018). "WestGeorgian honey cations". OPEN JOURNAL SYSTEMS. DOI:<http://dx.doi.org/10.12955/cbup.v6.1283>
5. M Vanidze, M Kharadze, I Djafaridze, A Kalandia N.Abashidze (2022) "West Georgia Honey Passports" BSU DOI: <https://doi.org/10.52340/sp.2022.02.01> (Monograph)
6. Nona Abashidze, Indira Jafaridze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia (2023) "The study of the physical-chemical characteristics of field honey, common in Western Georgia "The European Biotechnology Congress (Abstract: 117) page 43 DOI: 10.2478/ebtj-2023-0019
7. Nona Abashidze, Indira Jafaridze, Maia Vanidze, Aleko Kalandia (2022.)" Determination of biologically active compounds of honey common in Western Georgia" ACS 3rd International Symposium. Georgian Technical University. Pp7.

8. Abashidze, N., Djaparidze, I., Vanidze, M., & Kalandia, A. (2018).” Antioxidant activity of chestnut honey produced in Western Georgia”. Bull. Georg. Natl. Acad. Sci, 12(2).
9. Abashidze, N., Vanidze, M., Kharadze, M., Djaparidze, I., & Kalandia, A. (2018, September). West Georgian honey cations. In CBU International Conference Proceedings (Vol. 6, pp. 990-994). DOI: <http://dx.doi.org/10.12955/cbup.v6.1283>

1. ლიტერატურული მიმოხილვა

1.1. თაფლის დახასიათება

თაფლი - პოპულარული საკვები დანამატია, რომლის წარმოების ისტორია უძველესი დროიდან იწყება. იგი წარმოადგენს ერთადერთ კონცეპტირებულ და მზა ნატურალურ დამატებობელს, რომელსაც ადამიანი ასწლეულების განმავლობაში ინტენსიურად იყენებდა [56,167,113].

FAO-სა და ევროპის საბჭოს დირექტივით - EC 2001/110/EC თაფლი განსაზღვრულია [67], როგორც „ბუნებრივი, ტკბილი ნივთიერება, რომელიც მიიღება მეთაფლია ფუტკრის (*Apis mellifera*) მიერ ყვავილის ნექტრის, მცენარის უჯრედებში სეკრეციის შედეგად გამოყოფილი ნივთიერებების ან ცვარტკბილას (მწერების მიერ მცენარის წველის გადამუშავებისას გამოყოფილი ტკბილი სითხე) შეგროვების, გარდაქმნის (საკუთარ ნივთიერებებთან კომბინირების გზით), დეჰიდრატაციისა (გაუწყლოების) და, მომწიფების მიზნით, ფიჭაში შენახვის შედეგად“ [197,116,26].

მსოფლიო ისტორიაში არქეოლოგიური ცნობები მეფუტკრეობის განვითარების შესახებ უხსოვარი დროიდან მოიპოვება. კერძოდ, გამოსახულებები, რომლებზეც აღბეჭდილია ფაქტები ადამიანის მიერ ველური თაფლის მოხმარების შესახებ, 8000 - 10000 წლის წინანდელი პერიოდით თარიღდება [197,198,160]. 9000 წლის წინ დაიწყეს მეფუტკრეობა ჩრდილოეთ აფრიკაში [197,56]. ეგვიპტეში ფუტკრების მოშინაურება კი 4500 წლის წინანდელი პერიოდით არის დათარიღებული [20].

თაფლს იყენებდნენ, როგორც საკვებ პროდუქტს და ასევე, როგორც სამკურნალო საშუალებას [174]. მაგალითად, ძველი ეგვიპტელების, ასირიელების, ბერძნების, რომაელებისა და ჩინელების ტრადიციულ მედიცინაში თაფლს საუკუნეების განმავლობაში მნიშვნელოვანი ადგილი ეჭირა [54,144]. თითქმის ყველა ძველევგვიპტური სამკურნალო საშუალება ღვინოსა და რძესთან ერთად შეიცავდა

თაფლს. ასევე, მნიშვნელოვანი ფაქტია გარდაცვლილების ბალზამირებისას თაფლის გამოყენება, რაც მისი ანტიბაქტერიული თვისებით არის განპირობებული [110]. ძველ საბერძნეთში ჰიპოკრატე მრავალი დაავადების მკურნალობისას უდიდეს როლს ანიჭებდა თაფლის გამოყენებას [89].

დღეისათვის მსოფლიოს მრავალი ქვეყანა მისდევს მეფუტკრეობას, აწარმოებს სხვადასხვა სახის თაფლს და, შესაბამისად, მსოფლიო ბაზარზე ის ნაირსახეობითაა წარმოდგენილი [50,201].

მართალია, თაფლის, როგორც დამატკობლის, მოხმარება უფრო ინტენსიური იყო შაქრის სამრეწველო წარმოებამდე (მე-19 საუკუნემდე), მაგრამ დღეს იგი უფრო მეტი წარმატებით განიხილება, როგორც ფუნქციური და სასარგებლო ნატურალური პროდუქტი [201]. მისი წლიური მსოფლიო წარმოება მზარდია და 1,1 მილიონ ტონას აღემატება [202]. მსოფლიო ბაზარზე „Market Reports world“ დღეს არსებული კვლევებით "Honey Market"-ის შესახებ, თაფლის ღირებულებამ 2022 წლისათვის 8423,72 მილიონი დოლარი შეადგინა და 2028 წლისათვის მოსალოდნელია, რომ 900,53 მილიონ დოლარს მიაღწევს [202].

დღეს მსოფლიო ბაზარზე FAO-ს მონაცემებით ჩინეთი წარმოადგენს უმსხვილეს თაფლის მწარმოებელ ქვეყანას, რომელიც 485,960 ტონაზე მეტ თაფლს აწარმოებს წელიწადში (2021 წლის მონაცემები) [198]. თაფლის მსოფლიო წარმოების წილი შემდეგნაირად ნაწილდება: 27% მოდის ჩინეთზე, ევროკავშირის ქვეყნებზე – 17%, თურქეთზე 5%, 4%-ანი წილით არიან წარმოდგენილი ირანი, არგენტინა, უკრაინა, ინდოეთი, მექსიკა და ა.შ. [148,202].

ევროკავშირი თაფლის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი მწარმოებელია ჩინეთის შემდეგ და ასევე, ერთ-ერთი უმსხვილესი იმპორტიორი (2018 წელს შეადგინა 207 414 ტონა). ევროკავშირში ექსპორტირებული თაფლი უნდა აკმაყოფილებდეს ევროკომისიის 1996 წლის 29 აპრილის # 96/23/EC დირექტივას [202].

თურქეთის თავლი მაღალი ხარისხისაა, რაც სხვა მიზეზებთან ერთად იმიტაც არის განპირობებული, რომ თავლი, ძირითადად, კავკასიური ფუტკრისგან მიიღება. იგი მე-3 ადგილზეა და წელიწადში 115,000 ტონა თავლს აწარმოებს [164].

ამერიკის შეერთებული შტატები მსოფლიოში თავლის წარმოების რაოდენობით მე-4 ადგილზეა. წელიწადში 75,000 ტონამდე თავლი იწარმოება, საიდანაც 80% კალიფორნიის შტატზე მოდის. ის ასევე დიდი რაოდენობით თავლს მოიხმარს (230,000 ტონა წელიწადში) და ამ მხრივაც ლიდერი ქვეყნების რიგში შედის. საქართველოსა და აშშ-ს შორის სავაჭრო ურთიერთობები რეგულირდება ვაჭრობისა და ინვესტიციების შესახებ საქართველოსა და ამერიკის შეერთებულ შტატებს შორის შეთანხმებით. ექსპორტირებული თავლი უნდა შეესაბამებოდეს თავლის ხარისხის აშშ-ის სტანდარტის (United States Standards for Grades of Extracted Honey) მოთხოვნებს [202].

მეფუტკრეობა, როგორც სოფლის მეურნეობის ერთ-ერთი უძველესი დარგი, მჭიდროდ იყო დაკავშირებული საქართველოს ისტორიასთან და დღესაც მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. ისტორიული წყაროებით დადგენილია, რომ საქართველოში შინაურ მეფუტკრეობას ჯერ კიდევ ძველი წელთაღრიცხვის IV საუკუნეში მისდევნენ და დიდი რაოდენობით საუკეთესო თავლს აწარმოებდნენ. ამ მხრივ განსაკუთრებით გამოირჩეოდა ძველი კოლხეთის მოსახლეობა, რომლისთვისაც მეფუტკრეობა ერთ-ერთ ძირითად საქმიანობას წარმოადგენდა[2]. ბორჯომში ჩატარებული არქეოლოგიური გათხრების შედეგად აღმოაჩინეს უძველესი თავლი, რომელიც 5500 წლის წინანდელი იყო, 14 საუკუნით უფრო ძველი, ვიდრე ეგვიპტური. აქამდე თავლის უძველეს კერად ეგვიპტე ითვლებოდა, დღეს კი საქართველო არა მხოლოდ ვაზის, არამედ თავლის სამშობლოც არის [203].

საქართველოს მსოფლიოში ერთ-ერთი უდიდესი ეკოსისტემა აქვს, იგი აგროეკოლოგიური ზონების ფართო სპექტრს მოიცავს, რაც იდეალურ პირობას ქმნის სხვადასხვა წარმოშობის თავლის წარმოებისათვის. ჩვენს რეგიონში თავლის შეგროვება იწყება მაისში და გრძელდება სექტემბრამდე [2,204].

საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის მონაცემებით, ფუტკრის ოჯახების რაოდენობა უკანასკნელი წლების განმავლობაში მზარდია, 2016-2021 წლებში სკების რაოდენობა წლიურად საშუალოდ 1,9%-ით გაიზარდა, შესაბამისად, მზარდი იყო თაფლის წარმოებაც. საქართველოში 2015 წელს იწარმოვა 2 ათასი ტონა თაფლი, 2018 წელს კი აღნიშნულმა მაჩვენებელმა 2.5 ათასი ტონა შეადგინა [203,204].

საქართველოს სტატისტიკის ეროვნული სამსახურის 2021 წლის მონაცემებით, 2018 წელს დაფიქსირდა 2500 ტონა თაფლის წარმოება, იდენტური იყო მონაცემები 2019 წელს - 2500 ტონა, 2020 წელს - 2400 ტონა, ხოლო 2021 წელს შედარებით ნაკლები - 2000 ტონა [16,204].

საქართველოში თაფლის დოვლათს ძირითადად საოჯახო მეურნეობები ქმნიან. PMC-ის კვლევის მიხედვით (PMC - პირველი HR საკონსულტაციო ორგანიზაციაა საქართველოში), საქართველოში თაფლის თითქმის მთელი წარმოება საოჯახო მეურნეობებზე მოდის, სასოფლო-სამეურნეო საწარმოები კი საშუალოდ მთლიანი წარმოების მხოლოდ 6%-ს შეადგენს [204].

თაფლის წარმოების მიხედვით გამოირჩევა აჭარის, იმერეთის, კახეთის, სამეგრელო-ზემო სვანეთის, ქვემო ქართლის, შიდა ქართლისა და სხვა რეგიონები. წარმოებული პროდუქციის მიხედვით გამოირჩევა იმერეთი, კახეთი, სამეგრელო-ზემო სვანეთი და აჭარა. კერძოდ, საქსტატის მონაცემებით, ლიდერობს იმერეთის რეგიონი - 2018-2020 წლებში წარმოებული თაფლის მოცულობა იყო 800 ტონა, ხოლო 2021 წელს შედარებით შემცირდა (500 ტონა). მას მოსდევს კახეთი, რომლის წარმოება 2018 და 2019 წლებში იყო 600 ტონა, 2020 წელს 400 ტონა და 2021 წელს 200 ტონა. სამეგრელო-ზემო სვანეთში 2018-2021 წლებში წარმოებული თაფლის წარმოებამ შეადგინა 200-300 ტონა. ზემოთ განხილული რეგიონებისაგან განსხვავებით, აჭარის რეგიონში თაფლის წარმოების დინამიკა მზარდია. თუ 2018-2019 წლების მონაცემებით 100-100 ტონა იყო, 2020 წლისათვის შეადგინა 200 ტონა, ხოლო 2021 წლისათვის მეტად გაიზარდა და შეადგინა 500 ტონა [203,204].

2022 წელს თაფლის ექსპორტის რეკორდული მაჩვენებელი დაფიქსირდა, მაღალი იყო თაფლის ფასიცა და მოცულობაც. ექსპორტის 75.5% განხორციელდა სწორედ ევროპულ ქვეყნებში: საფრანგეთი, ბულგარეთი, ნორვეგია. ქართული თაფლის ექსპორტი ასევე განხორციელდა ისრაელში, არაბთა გაერთიანებულ საამიროებში, საუდის არაბეთში, კანადაში, სომხეთსა და სხვა ქვეყნებში [202,207].

ქართული მეფუტკრეობის ისტორიაში გვხვდება სამი ტიპის - ველური, ნახევრად ველური და კულტურული მეფუტკრეობა [200], რომლის განვითარებაშიც გადამწყვეტი მნიშვნელობა ჰქონდა ისეთი ბუნებრივი კომპონენტების არსებობას, როგორებიცაა უხვი თაფლოვანი მცენარეები (ცაცხვი, წაბლი, წყავი, სურო, ქაცვი, ძაღლყურძენა, თავშავა და სხვა), ტყის ფუტკარი („ხეფუტკარა“, კლდის ფუტკარი) და კავკასიური გრძელხორთუმინანი ფუტკრის ადგილობრივი პოპულაცია [2,200].

დღეისათვის საქართველოში წამყვან როლს ძირითადად შინაური მეფუტკრეობა იწარმოებს, თუმცა ველური და ნახევრად ველური ფორმა დღესაც არის შემორჩენილი, იგი ძირითადად დასავლეთ საქართველოს სუბტროპიკული და ალპური ზონის ტყეებში გვხვდება [1].

მაღალმთიან აჭარაში ნახევრად ველურ პირობებში თაფლის მოპოვებისათვის გამოიყენება ცაცხვის ხის მორისაგან დამზადებული ტრადიციული სკა - ჯარა, რომელსაც ტყეში, კლდეზე ამაგრებენ - სუფთა გარემოში ქიმიური დამაბინძურებლებისგან (გამონაბოლქვი, პესტიციდები, სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები და ა.შ) მოშორებით [1,200]. ჯარას თაფლის წარმოებისას არ გამოიყენება ხელოვნური საკვები დანამატები, არ ხდება ფუტკრის დაავადების მკურნალობა და, შესაბამისად, ანტიბიოტიკების გამოყენება. ჯარას თაფლი წელიწადში ერთხელ იხილება, მაშინ, როცა შინაურ მეფუტკრეობაში, ადამიანის მოტივაცია არის ფუტკრის სასიცოცხლო ფაზებისა და მოსავლიანობის კონტროლით რაც შეიძლება მეტი თაფლის მოპოვება, ასევე, ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ შინაური მეფუტკრეობის დროს სკაში, ძირითადად, ალაგებენ ხელოვნურ ფიჭას, რომლის დასამზადებლად გამოიყენება ცვილი ე.წ. თაფლის სანთელი, რომელიც

ხშირად არ არის ერთჯერადი გამოყენებისა და ექვემდებარება კვლავწარმოება - გადამუშავებას. სწორედ ცვილის შერეული პარტიების თავიდან დაბეჭდვა წარმოადგენს თავლის ანტიბიოტიკებით დაბინძურების ერთ-ერთი მნიშვნელოვან კერას, რაც თავლის მოპოვების ველურ თუ ნახევრად ველურ პირობებში ფაქტობრივად გამორიცხულია, რადგანაც ფუტკრები თავისით აშენებენ ფიჭას ნატურალური მასალისაგან, რომელიც მდიდარია ფერმენტებით, ვიტამინებითა და ამინომჟავებით. ველური თავლი ხასიათდება გამორჩეული გემოთი - ყვავილოვან თავლთან შედარებით მუქი ფერისაა, ნაკლებად ტკბილია და აქვს ძლიერი არომატი, ნაკლებად ექვემდებარება კრისტალიზაციას, რადგანაც გლუკოზას შეიცავს ნაკლები რაოდენობით, ასევე ხასიათდება მინერალების მაღალი შემცველობით, ძლიერი ანტიოქსიდანტური, ანტიბაქტერიული აქტივობით, დიდი კვებითი და თერაპევტული მოქმედებით, ხანგრძლივი შენახვისუნარიანობით. იგი თავლის ერთ-ერთი ძვირადღირებული სახეობაა მსოფლიოში [1,199,200].

მართალია, საქართველოში გამწვანებულია ერთგვაროვანი წარმოშობის თავლის წარმოება, თუმცა არსებობს ცალკეული ზონები ამა თუ იმ სახეობის თავლის სტაბილურად მიღებისთვის. მათგან აღსანიშნავია თეთრი აკაციის თავლის წარმოება [65]. იგი გვხვდება ადიგენის, ხაშურის, გურჯაანის, თელავის, ხონის, ვანის, ბაღდათისა და სხვა რაიონებში [4].

აკაციის თავლი - მონოფლორულია, რომელიც მეტწილად მიღებულია ცრუ აკაციის (*Robinia pseudoacacia*) ყვავილის ნექტრისაგან. იგი ხასიათდება ღია, თითქმის გამჭვირვალე შეფერილობით, აქვს ტკბილი გემო, მსუბუქი ტექსტურა, ნაზი და სასიამოვნო ყვავილოვანი არომატი [66,49]. აკაციის თავლს განსაკუთრებულობას სძენს ის ფაქტიც, რომ ის დიდი ხნის განმავლობაში არ კრისტალდება ან შეიძლება სულაც არ დაკრისტალდეს. დაკრისტალების შემთხვევაში კი იღებს თეთრ ფერს. აკაციის თავლი საუკეთესო ხარისხის თავლად ითვლება [26,66,187].

ცაცხვის თავლი ღია ფერის, გამჭვირვალე, ძლიერი, სასიამოვნო არომატის მქონეა. უპირატესად გროვდება დასავლეთ საქართველოს ტყიან ზონაში, აღმოსავლეთ

საქართველოში – ყვარლისა და ნაწილობრივ ლაგოდების რაიონებში, მცირე რაოდენობით – ფშავის ხეობაში [21].

წაბლის თაფლი ძალზე მუქია და ხასიათდება ძლიერი, მკვეთრი არომატით, მწარე გემოთი, უპირატესად გროვდება დასავლეთ საქართველოს ტყიან ზონაში, ხშირად ცაცხვის თაფლთან ერთად. სუფთა სახით ძალიან ძნელად კრისტალდება [49,53].

ძიძოს თაფლი გამოირჩევა სასიამოვნო გემოთი და არომატით. იგი გამჭვირვალეა, ნელა კრისტალდება, წარმოქმნის ქათქათა თეთრ წვრილკრისტალურ ნალექს, გროვდება აღმოსავლეთ საქართველოს ალპურ ზონაში ნოტიო ნალექიან წელიწადს [53,205].

მათრობელა თაფლი გროვდება შქერის, იელისა და ტილჭირის მცენარეებისგან. იგი მოშავო ფერისაა, მკვეთრი გემოთი, იწვევს მოწამვლას, მოძრაობის კოორდინაციის დარღვევას, გულის წასვლას, ღებინებასა და სხვ [53,205].

თაფლის შემადგენლობა, ფერი, არომატი და გემო ძირითადად განპირობებულია თაფლოვანი მცენარეებით, გეოგრაფიული მდებარეობით, კლიმატითა და მეთაფლიე ფუტკრის სახეობით [140,170]. თაფლის ხარისხი და შემადგენლობა ასევე დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე, დამუშავების, შეფუთვისა და შენახვის ხერხებზე [91].

თაფლი ძირითადად შედგება შაქრებისა და სხვა კომპონენტებისაგან, როგორებიცაა ფერმენტები (ინვერტაზა, ამილაზა, გლუკოოქსიდაზა, კატალაზა), ამინომჟავები, ორგანული მჟავები, კაროტინოიდები, ვიტამინები (ვიტამინი B6, თიამინი, რიბოფლავინი, პანტოტენის მჟავა და სხვა), მინერალები (კალციუმი, სპოლენმი, რკინა, მაგნიუმი, მანგანული, ფოსფორი, კალიუმი, ნატრიუმი და თუთია) და არომატული ნაერთები [134,162]. თაფლი ასევე მდიდარია ბიოლოგიურად აქტიური ფენოლური ნაერთებით - ფლავონოიდებითა და ფენოლკარბომჟავებით, რომლებიც ავლენენ მაღალ ანტიოქსიდანტურ აქტივობას [121,140].

თაფლში მტვრიანების ანალიზი - თაფლის მიღების მცენარეული წყაროს იდენტიფიცირებისათვის და, შესაბამისად, ბოტანიკური და გეოგრაფიული წარმოშობის დასადგენად გამოიყენება რამდენიმე მარკერი, რომელთა შორისაც მნიშვნელოვანია თაფლოვან მცენარეთა მტვრიანებისა [36] და თაფლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების კვლევა [15,166], ასევე მტვრიანების მორფოლოგიური სტრუქტურისა და კონცენტრაციის დადგენა. სწორედ ამ პარამეტრების ერთობლივი კვლევის შედეგად ხდება თაფლის წარმოშობის დადასტურება. კერძოდ, მტვრიანების ანალიზი საშუალებას გვაძლევს, ასევე დავადგინოთ გეოგრაფიული რეგიონი, სადაც იყო შეგროვებული ნექტარი [41,124]. კანონმდებლობა ასევე ითხოვს სწორ ეტიკეტირებას. კერძოდ, ტექნიკური რეგლამენტი ადგენს მოთხოვნებს თაფლის მარკირებისა და ეტიკეტირების შესახებ, თაფლის შესაბამისობის კონტროლის პროცედურებს. ბაზარზე განთავსებული თაფლის ეტიკეტმა, აღწერილობამ და წარდგენამ არ უნდა შეაცდინოს მომხმარებელი [17,18,28,41].

ტექნიკური რეგლამენტის თანახმად, დაშვებულია თაფლის ეტიკეტზე, გარდა გაფილტრული თაფლის და საკონდიტრო თაფლისა, აღინიშნოს როგორც, რეგიონალური, ტერიტორიული ან ტოპოგრაფიული რაიონი, ასევე, მცენარის ან მცენარეების დასახელება, თუ თაფლი სრულად ან ძირითადად მიღებულია ამ მცენარის ან მცენარეების ყვავილის ნექტრისაგან და ახასიათებს ფიზიკურ-ქიმიური, ორგანოლექტიკური და მორფოლოგიური მახასიათებლები, რომლებიც მხოლოდ ამ მცენარის ან მცენარეების ყვავილის ნექტრისაგან მიღებული თაფლისთვის არის დამახასიათებელი. ამ შემთხვევაში მცენარის ბოტანიკური დასახელება მითითებულ უნდა იქნას უშუალოდ სიტყვასთან „თაფლი“ (მაგ. „თაფლი აკაციის“, „თაფლი წაბლის“) ერთად [46]. მონოფლორული თაფლი მიღებულია ერთი სახეობის მცენარის ნექტრისაგან. იგი ხასიათდება მეტად სპეციფიკური გემოთი და ფერით, რომელიც დამახასიათებელია კონკრეტული სახეობის მცენარის ყვავილისათვის. მონოფლორული თაფლები, როგორებიცაა „Manuka“, „Tualang“, „jujube“ და აკაცია,

მეტად ღირებული თაფლებია, მაგრამ ხშირად ექვემდებარებიან ფალსიფიკაციას მაღალი ფასის გამო [124]. ამიტომ მტვრიანების ანალიზი მეტად მნიშვნელოვანი პარამეტრია თაფლის წარმოშობის დადასტურებისათვის, შესაბამისად, ფალსიფიკაციის დასადგენად [36].

რეგლამენტის შესაბამისად, დაუშვებელია, თაფლიდან ყვავილის მტვრის ან სხვა შემადგენელი კომპონენტის მოცილება გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც მტვრის ან სხვა შემადგენელი კომპონენტის მოცილება განპირობებულია მასში მოხვედრილი უცხო არაორგანული და ორგანული ნივთიერებების მოცილების აუცილებლობით [28,41,46]; თაფლში მტვრიანების კონცენტრაცია რეგულირდება ევროპული და საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად. შემცველობის მიხედვით, მტვრიანები იყოფა 4 ჯგუფად: დომინანტი მტვრიანები (45% -ზე მეტი), მეორეული მტვრიანები (16-45%), მნიშვნელოვანი მინორული მტვრიანები (3-15%), მინორული მტვრიანები (3%-ზე ნაკლები). ზოგადად, თაფლი ითვლება მონოფლორულად, როცა დომინანტი მტვრიანების შემცველობა 45%-ზე მეტია და, თუ არ არის დომინანტი რაოდენობის მტვრიანა, თაფლი პოლიფლორულია. თუმცა, დომინანტი მტვრიანების რაოდენობა განსხვავებულია სხვადასხვა თაფლისთვის, დომინანტი მტვრიანების საშუალო მაჩვენებელი წაბლის თაფლისთვის 94,5%-ია, როდოდენდრონის თაფლისთვის 38,6%, აკაციის თაფლისთვის 28,1%, ცაცხვის თაფლისთვის 22,9% და ა.შ [28,73,159].

ასევე გათვალისწინებული უნდა იყოს მტვრიანების რაოდენობა 1 გ თაფლში, რის საფუძველზეც თაფლი იყოფა 5 კლასად. კერძოდ, თაფლი ყვავილის ანუ თაფლი ნექტრის, თაფლი ცვარტკბილას და თაფლი პოლიფლორული მიეკუთვნება მეორე კლასს, სადაც 1 გ თაფლში 2100-დან 10 000-მდე მცენარეული ელემენტი ფიქსირდება. პირველ კლასს მიეკუთვნება მონოფლორული თაფლი, რომლის 1 გრამში 2000-მდე მცენარეული ელემენტია, ხოლო მესამე კლასს _ მონოფლორული თაფლი, რომლის 1 გრამში 10100-დან 50000-მდე მცენარეული ელემენტია [28,63,136].

თაფლი მაღალი კვებითი და ფუნქციონალური თვისებების გამო ფართო მოხმარებით, მაღალი ფასითა და მზარდი პოპულარობით ხასიათდება როგორც

მთელს მსოფლიოში, ასევე საქართველოში. აქედან გამომდინარე, ხშირია შემთხვევები მისი ფალსიფიკაციისა, რაც სტანდარტებისა და ნორმებით გათვალისწინებული მახასიათებლების კონტროლს აუცილებელს ხდის, რათა უზრუნველყოფილ იქნას თაფლის უვნებლობის, წარმომავლობისა და ხარისხის დაცვა შიდა და გარე ბაზარზე [87,88]. თაფლის იდენტობისა და ხარისხის მახასიათებლები საერთაშორისო დონეზე რეგულირდება Codex Alimentarius-ით (Codex Standard for Honey, 2001), რომლის მიზანიც გახლავთ დადგენილ იქნას თაფლის ხარისხის ის მინიმალური მახასიათებლები, როგორებიცაა სიმწიფე და სისუფთავე. თაფლის სიმწიფის შეფასებისათვის ხდება შაქრებისა და წყლის შემცველობის, მჟავიანობისა და დიასტაზური აქტივობის დადგენა, ასევე ჰიდროქსიმეთილ ფურფუროლის განსაზღვრა. რაც შეეხება თაფლის სისუფთავეს, ხდება ნაცრიანობის, ელექტროგამტარობისა და წყალში უხსნადი მყარი ნაწილაკების განსაზღვრა [35,87,111].

თაფლში შაქრების შემცველობა განსაზღვრავს მის ენერგეტიკულ ღირებულებას, სიბლანტეს, ჰიდროსკოპულობასა და გრანულაციას. თაფლში შაქრები წარმოდგენილია მონოსაქარიდების, ფრუქტოზისა და გლუკოზის სახით, რომელთა შემცველობა შეადგენს შაქრების 75%-ს, მას მოსდევს დისაქარიდები, საქაროზა, მალტოზა, ტურანოზა, იზომალტოზა და სხვა [57,72,89]. შაქრების შემცველობა ძირითადად დამოკიდებულია თაფლის ბოტანიკურ წარმომავლობაზე, კლიმატურ პირობებზე, შენახვისა და შეფუთვის წესებზე [99,156]. თითქმის ყველა სახის თაფლში, მცირე გამონაკლისის გარდა, ფრუქტოზა წარმოდგენილია შედარებით მეტი რაოდენობით, ვიდრე გლუკოზა - 1,2:1 თანაფარდობით. ეს მახასიათებელი ძირითადად გამოიყენება თაფლის კრისტალიზაციის ხარისხის შეფასებისათვის. კერძოდ, იქ, სადაც გლუკოზის რაოდენობა ჭარბობს, ასეთი თაფლი ხასიათდება სწრაფი კრისტალიზაციის უნარით, რადგანაც გლუკოზა ხასიათდება წყალში შედარებით დაბალი ხსნადობით [18,72].

მონოსაქარიდების განსაზღვრის პარალელურად საქაროზის შემცველობის დადგენა ასევე წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს. მისი მაღალი შემცველობა მიუთითებს სხვადასხვა ხარისხის ფალსიფიკაციაზე (ხელოვნურად დამატებული შაქარი, თაფლის ადრე მოწეული - მოუმწიფებელი მოსავალი, ფუტკრების ხელოვნური კვება შაქრით). თაფლში საქაროზის შემცველობა არ უნდა იყოს 5%-ზე მეტი [51,134].

შაქრის შემცველობის განსაზღვრასთან ერთად, ასევე მნიშვნელოვანია წყლის შემცველობის დადგენა, რაც განსაზღვრავს თაფლის სტაბილურობასა და მედეგობას [66,72,]. მისი შემცველობა განისაზღვრება 15 – 21%-ით და დამოკიდებულია თაფლის ბოტანიკურ წარმომავლობაზე, სიმწიფის ხარისხზე, დამუშავებისა და შენახვის მეთოდებზე. წყლის შემცველობა გავლენას ახდენს თაფლის ისეთ ფიზიკურ მახასიათებლებზე, როგორებიცაა ფერი, გემო, ხვედრითი წონა, ხსნადობა, სიბლანტე და კრისტალიზაცია [32,156]. მისი შემცველობა იმატებს შენახვის პირობების დარღვევის შემთხვევაშიც, რადგანაც თაფლი ჰიდროსკოპული პროდუქტია და ადვილად ითვისებს ტენს ატმოსფეროდან [30,102].

თაფლის pH-ის მაჩვენებელი და თავისუფალი მჟავების შემცველობა ასევე წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მახასიათებლებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ თაფლის მედეგობას, იწვევენ რა მიკროორგანიზმების ზრდის ინჰიბირებას. თაფლში pH-ის მაჩვენებელი უნდა იყოს 3,2 – 4,5 ფარგლებში [80] ხოლო თავისუფალი მჟავების რაოდენობა თაფლის ყველა სახეობისათვის - არაუმეტეს 50 მილიეკვივალენტი მჟავისა, ყოველ 1000 გ თაფლში [14,35,36].

ნაცრიანობა განსაზღვრავს თაფლში მინერალების რაოდენობასა და შემადგენლობას, რაც შეიძლება გამოყენებულ იქნას, როგორც ერთ-ერთი მარკერი თაფლის გეოგრაფიული წარმოშობის დასადგენად, რადგანაც მინერალების შემადგენლობა დამოკიდებულია იმ ნიადაგის შემადგენლობაზე, სადაც იზრდებოდა მეთაფლია მცენარეები [8,13,39,79,116]. თაფლში ნაცრიანობის საშუალო მაჩვენებელი 0,17%-ია, მინერალებს შორის ყველაზე მეტი რაოდენობით გვხვდება კალიუმი.

ხშირად აღინიშნება კორელაციური დამოკიდებულება მინერალების შემცველობას, არომატსა და ელექტროგამტარობას შორის [48,99,101,106]. რაც უფრო მეტია ნაცრიანობა, მით მეტია ელექტროგამტარობა. ელექტროგამტარობა არის მახასიათებელი, რომელიც განსაზღვრავს თაფლის ბოტანიკურ წარმომავლობას, რადგანაც ბევრი მკვლევის მიერ დადასტურებულია პირდაპირი კორელაცია ყვავილის მტვერსა და მონოფლორული თაფლის ელექტროგამტარობას შორის [10,13,39,137].

პროლინი არის თაფლში ყველაზე მეტად გავრცელებული ამინომჟავა, რომელიც გვხვდება ნექტარში, ძირითადად მტვრიანებში. თაფლისთვის პროლინის შემცველობა მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. მის საფუძველზე შეიძლება დადგინდეს თაფლის ნატურალობა ანუ თაფლი დამაზადებულია თუ არა შაქრის სიროფზე[46,189]. ლიტერატურული მონაცემებით, ფალსიფიცირებულ თაფლში პროლინისა და კალიუმის იონების დაბალი შემცველობა გვხვდება, მათ შორის კორელაციური დამოკიდებულებაა. ასევე აღსანიშნავია, რომ ფალსიფიცირებულ თაფლში მეტია ნატრიუმის იონების კონცენტრაცია, რადგანაც ფუტკრის შაქრის სიროფით კვებისას ემატება ნატრიუმის ქლორიდი. პროლინის შემცველობა განსხვავებულია ქვეყნების მიხედვით, რადგანაც განსხვავებულია ყვავილოვანი საფარიც [30,171,147]

დიასტაზური აქტივობა - თაფლის ხარისხის მახასიათებელია, რომელიც განსაზღვრავს ჰიდროლიზური ფერმენტების, α - და β ამილაზების აქტივობას. ამ ფერმენტებს ფუტკარი გამოიმუშავებს. α - და β - ამილაზები უზრუნველყოფს ნექტრისა და თაფლის მომწიფებას. კერძოდ, დიასტაზა უზრუნველყოფს ნექტრის პოლისაქრიდების დაშლას დი- და ტრისაქარიდებად. ისინი მგრძნობიარენი არიან თერმული დამუშავების მიმართ [94,182]. დიასტაზურ აქტივობას საზღვრავენ Gothe-სა და Shade-ს ერთეულით, რომელიც წარმოადგენს ფერმენტის რაოდენობას 1კგ თაფლში, რომელიც დაშლის 0,001გ სახამებელს 1სთ-ის განმავლობაში 40°C ტემპერატურის პირობებში[92,118,141].

დიასტაზური აქტივობის მახასიათებელი ცვალებადია. იგი დამოკიდებულია ბოტანიკურ და გეოგრაფიულ წარმოშობაზე, მეთაფლია ფუტკრის ასაკსა და ნექტრის შეგროვების პერიოდზე. დიასტაზური (ამილოლიზური) აქტივობა (შადეს სკალის მიხედვით) ყველა სახეობის თაფლისათვის, გარდა საკონდიტრო თაფლისა - არანაკლებ რვისა [60,175]. თაფლის ყველა არსებული სტანდარტის მიხედვით, დიასტაზური აქტივობა განსაზღვრულია, როგორც თაფლის ხარისხისა და შენახვის პირობების პირობების შესაფასებელი მნიშვნელოვანი კრიტერიუმი [96,143]. დიასტაზურ აქტივობაზე უარყოფით გავლენას ახდენს შენახვის პირობები და მაღალი ტემპერატურა. კერძოდ, თაფლის საწარმოო გადამუშავებისას მეწარმისთვის მეტად ეფექტურია თაფლის გაცხელება, რადგანაც ის უზრუნველყოფს ჭარბი წყლის აორთქლებას, ამით თავიდან იცილებს კრისტალიზაციის პროცესს და ასევე ანადგურებს მიკროორგანიზმებს. ეს გზა კომერციულად მოგებიანია, მაგრამ ამ დროს ფაქტობრივად ნადგურდება ფერმენტების რაოდენობა და, შესაბამისად, მცირდება აქტივობაც [24,34].

ცილები არის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მარკერი თაფლის წარმოშობისა და ნატურალობის დასადასტურებლად [84,109]. თაფლში ცილა შეიძლება იყოს როგორც მცენარეებისგან, ასევე ცხოველებისგან. ცხოველურ ცილას თავად ფუტკარი აწარმოებს და შედგება სანერწყვე ჯირკვლის სეკრეციისგან, აგრეთვე ნექტრის შეგროვების ან თაფლის მომწიფების დროს შეგროვებული სუბპროდუქტებისგან, ხოლო მცენარეული წარმოშობის ცილები მინდორში შეგროვებული ნექტრისა და მტვრის მარცვლებისაგან არის მიღებული [75]. ყვავილოვან თაფლს აქვს ცილის შემცველობა 1.0-დან 1.5%-მდე [95,112,126,123].

ფენოლური ნაერთები წარმოადგენს ჰეტეროციკლურ ნაერთებს, რომლებიც შეიცავენ არომატულ რგოლს და მასთან დაკავშირებულ ერთ ან რამდენიმე ჰიდროქსილის ჯგუფს. ნაერთთა ეს ჯგუფი აერთიანებს დაახლოებით 10 000-მდე ნივთიერებას, რომლებიც რამდენიმე ჯგუფად არის დაყოფილი [62,107]. კერძოდ, იგი დაყოფილია 2 ჯგუფად: 1. ფლავონოიდები (ფლავონები, ფლავონოლები,

ფლავანონები, ანტოციანები, იზოფლავონები, ქალკონები) და 2. არაფლავონოიდები (ფენოლკარბომჟავები). ფენოლკარბომჟავები თავისი ბიოლოგიურად აქტიური ფუნქციებით ფენოლური ნაერთების მნიშვნელოვანი კლასია და, როგორც მეორეული მეტაბოლიტი, მეტად მნიშვნელოვან ფუნქციას ასრულებს მცენარის ზრდა-განვითარებაში. ხასიათდება რა მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობით, აფერხებს თავისუფალი რადიკალების მოქმედებას და ასევე, ახდენს ლიპიდების დაჟანგვის პროცესის ინჰიბირებას [127,142].

აგებულების მიხედვით ფენოლკარბომჟავები იყოფა 2 ჯგუფად: ჰიდროქსიბენზოის მჟავები და ჰიდროქსიდარიჩინის მჟავები. ჰიდროქსიბენზოის მჟავებს აქვთ C1 – C6 აღნაგობა და წარმოადგენენ ბენზოის მჟავას წარმოებულებს. მათ მიეკუთვნება ბეტა ჰიდროქსიბენზოის მჟავა, სალიცილის მჟავა, გალისა და ელაგის მჟავა. ეს ნაერთები მცენარეებში გვხვდება შაქრებთან ან ორგანულ მჟავებთან ერთად ხსნადი სახით. ჰიდროქსიდარიჩინის მჟავებს ახასიათებთ C3 – C6 აღნაგობა. მცენარეებში გვხვდება როგორც თავისუფალი, ასევე ბმული სახით, კერძოდ, ოქსიმჟავების (ღვინისა და შიკიმის მჟავა) ეთერების სახით [117,142].

ფლავონოიდებს ახასიათებთ C6 – C3 – C6 სტრუქტურა, რომელიც შედგება 2 ბენზოლის ბირთვისგან, რომლებიც პირინული ჯგუფით დაკავშირებულია ერთმანეთთან. იგი წარმოადგენს ფენოლური ნაერთების ყველაზე დიდ ჯგუფს, რომელშიც გაერთიანებულია ბუნებრივი ფენოლების 50%-ზე მეტი [97,183]. ფლავონოიდები მცენარეებს იცავენ ულტრაიისფერი დასხივებისაგან, დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმებისა და ბალახისმჭამელი ცხოველებისაგან. მცენარეები შეიცავენ სხვადასხვა აღნაგობის ფენოლურ ნაერთებს, რომლებიც ფუტკრების მიერ ნექტრის შეგროვების შედეგად თაფლის სახით ხვდება ადამიანის ორგანიზმში [97,176].

მკვლევართა მიერ თაფლის ფენოლური ნაერთების განსაზღვრამ აჩვენა, რომ იგი შეიცავს ვანილის, კოფეინის, სირინგის, ბეტა კოუმარინისა და ფერულის მჟავას, ასევე, კვერცეტინს, კემფეროლს, მირიცეტინს, ქრიზინს, ელაგის მჟავას, 3-ჰიდროქსიბენზოის

მჟავას, ქლოროგენის მჟავას, 4-ჰიდროქსიბენზოის მჟავას, გალის მჟავას, ჰესპერიდინს, ბენზოის მჟავასა და სხვას[84].

თაფლში ფლავონოიდების შემცველობა მნიშვნელოვანი მარკერია თაფლის ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურებისა და ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრისათვის[22,103]. თაფლის ანტიოქსიდანტურ აქტივობას განსაზღვრავს ჰიდროქსილის ჯგუფისა და სხვა ჩამნაცვლებლების რაოდენობრივი შემცველობა და განლაგება რგოლში. ასევე, მეტად მნიშვნელოვანია გლიკოზირების ხარისხი. ფლავონოიდების გლიკოზირება ამცირებს თაფლის ანტიოქსიდანტურ აქტივობას აგლიკონის აქტივობასთან შედარებით [81,85,100]

თაფლში ფენოლური ნაერთების ანალიზი ბოლო ათწლეულებია, მეტად აქტუალურია, ვიდრე გასულ პერიოდში, რადგან ადამიანის ჯანმრთელობაზე ფენოლური ნაერთების ზემოქმედება მჭიდროდაა დაკავშირებული საკვებში ამ ნაერთების თვისობრივ და რაოდენობრივ შემცველობაზე[61,84]. შესაბამისად, მეტად მნიშვნელოვანია იდენტიფიკაცია და რაოდენობის განსაზღვრა. თაფლში ამ ნაერთების განსაზღვრა რამდენიმე ეტაპიან კვლევას მოიცავს, კერძოდ, საწყის ეტაპზე ხორციელდება თაფლიდან მათ გამოწვლილვა და შემდგომ კვლევის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით მათი განსაზღვრა [61,104].

ფენოლური ნაერთების ექსტრაქციის მეთოდები - ფენოლური ნაერთები მცენარეულ სამეფოში ძირითადად გლიკოზიდების სახით გვხვდება, მაგრამ თაფლში ხშირად გვხვდება აგლიკონის ფორმით, მათი ეს ტრანსფორმაცია ხორციელდება ფუტკრის ფერმენტების (გლუკოზიდაზები) საშუალებით [86,162,202].

თაფლიდან ფენოლური ნაერთების იდენტიფიკაცია და გამოყოფა მოიცავს ექსტრაქტის გასუფთავების, დაყოფისა და იდენტიფიკაციის ეტაპებს.

ექსტრაქცია - ეს არის ნიმუშის მომზადების ძირითადი ეტაპი, როგორც თვისობრივი, ასევე რაოდენობრივი ანალიზისთვის. ექსტრაქციის მიზანია საკვლევი ნაერთების უცვლელად გამოყოფა და სტაბილური ექსტრაქტის მიღება, ასევე მაქსიმალური გამოწვლილვა. ექსტრაქციის მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია

საანალიზო ნაერთის სტრუქტურაზე, ნაერთის მასასა და ასევე სხვა ნაერთების არსებობაზე. ექსტრაქციის გამოსავლიანობაზე გავლენას ახდენს ტემპერატურა, ნედლეულისა და გამხსნელის თანაფარდობა, ექსტრაგენტის ტიპი და ექსტრაქციის ჯერადობა.

ძირითადად თავლიდან ფენოლების ექსტრაქცია ხდება სითხე- სითხოვანი ან მყარფაზოვანი ექსტრაქციით. ორივე მეთოდში პირველ ეტაპზე ცილდება ნახშირწყლები, რომლებიც თავლში დიდი შემცველობით არის წარმოდგენილი.

სითხე-სითხოვანი ექსტრაქციით მეთოდში გამოიყენება ისეთი გამხსნელი, როგორცაა ეთილაცეტატი, ეთანოლი ან ქლოროფორმი მაშინ, როცა მყარფაზოვანი მოიცავს თავლის გახსნას შემჟავებულ წყალში (pH=2 მარილმჟავას გამოყენებით) . შემდეგ მიღებულ წყალხსნარს ატარებენ პოლიმერულ ფისებში, მაგალითად, Amberlite XAD-2, Oasis HLB, ან Strata-X, რაზეც ხდება პოლიფენოლების სორბირება. შემდეგ ფენოლურ ფრაქციას აკონცენტრირებენ ვაკუუმ პირობებში 40⁰-ზე და აღადგენენ მეთანოლით ან მეთანოლწყლიანი ხსნარით. შემდეგ უკვე ხდება იდენტიფიკაცია სითხური ქრომატოგრაფირების მეთოდით, რომელიც აღჭურვილია ულტრაიისფერი დეტექტორით, მას სპექტროსკოპით ან კომბინირებულია.

მყარფაზოვანი ექსტრაქცია ბოლო წლებში სტირენ-დივინილბენზენის პოლიმერული ფისი (styrene-divinylbenzene (macroreticular)) - Amberlite XAD-2 წარმატებით გამოიყენება თავლიდან ფენოლური ნაერთების იდენტიფიკაციისათვის. ძირითადად, საანალიზო თავლის ნიმუშს ხსნიან მარილმჟავას წყალხსნარში pH=2, ფილტრავენ და შემდეგ შეაქვთ სორბენტის სვეტში, ნიმუშის სორბენტზე დატანის შემდეგ პირველ ეტაპზე ხორციელდება რეცხვა შემჟავებული წყლით (pH=2), შემდეგ ეტაპზე კი – წყლით. ეს იძლევა საშუალებას, მოვახდინოთ დაყოფა სორბენტის მიერ სორბილებური ნაკლებპოლარული ფენოლების, სხვა პოლიმერული ნაერთების (შაქრების). ფენოლური ნაერთების ელუირება ხორციელდება მეთანოლით. მეთანოლის ფრაქციას ვაკუუმის პირობებში დაკონცენტრირების შემდეგ მიღებულ მშრალ მასას ხსნიან მეთანოლში. ნიმუშის მომზადების შემდეგ ხდება ინდივიდუალური ნაერთების

თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი სხვადასხვა სახის ქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენებით.

თაფლის ფენოლური შემადგენლობის შესწავლა მეტად მნიშვნელოვანია თაფლის ყვავილოვანი წარმოშობის დადასტურებისათვის [44,74]. სამეცნიერო ნაშრომებში ბევრია ინფორმაცია თაფლში იდენტიფიცირებული პოლიფენოლების, როგორც მცენარეული წყაროს, შესახებ. მაგ: ჰესპერიდინი, კემფეროლი და კვერცეტინი წარმოდგენილია, როგორც ციტრუსის, როზმარინისა და მზესუმზირის თაფლის მარკერი. აკაციის თაფლის მარკერად იყო წარმოდგენილი კემფეროლის რამნოზიდი და რამნოზიდგლუკოზიდები, ხოლო კოფეინის ნ- კუმარინისა და ფერულის მჟავები წაბლის თაფლის პოტენციური მარკერებია [44,135,161,202].

ფლავონოიდები	ფორმულა	მცენარის დასახელება
აპიგენინი	$C_{15}H_{10}O_5$	აკაციისა და მარწყვის თაფლი
კატეჟინი	$C_{15}H_{14}O_6$	ფიჭვის თაფლი
ქრიზინი	$C_{15}H_{10}O_4$	მანუკასა და აკაციის თაფლი,
გალანგინი	$C_{15}H_{10}O_5$	მანუკას, აკაციისა და მარწყვის თაფლი
გენისტეინი	$C_{15}H_{10}O_5$	აკაციის თაფლი
იზორამნეტინი	$C_{16}H_{12}O_7$	მანუკა თაფლი
კემფეროლი	$C_{15}H_{10}O_6$	მანუკას, ფიჭვის, აკაციისა და მარწყვის თაფლი
ლუტეოლინი	$C_{15}H_{10}O_6$	მანუკას, ფიჭვის, აკაციისა და მარწყვის თაფლი
მირიცეტინი	$C_{15}H_{10}O_8$	აკაციის თაფლი
პინობაკსინი	$C_{15}H_{12}O_5$	მანუკას, ფიჭვის, აკაციისა და მარწყვის თაფლი
პინოცემბრინი	$C_{15}H_{12}O_4$	მანუკას, აკაციისა და მარწყვის თაფლი
კვერცეტინი	$C_{15}H_{10}O_7$	მანუკას, აკაციისა და მარწყვის თაფლი

რუთინი	$C_{27}H_{30}O_{16}$	მარწყვის თაფლი
--------	----------------------	----------------

თაფლში მეტად გავრცელებულ ფენოლურ ნაერთებს მიეკუთვნება ფლავონოიდები: აპიგენინი, კატეჟინი, ქრიზინი, გალინგინი, იზორამნეტინი, კემფეროლი, ლუტეინი, მირიციტინი, პინობაქსინი, პინოცემბრინი, კვერცეტინი, რუთინი და ფენოლკარბომჟავები: 2-ცის-4-ტრანს აბცისის მჟავა, 2-ჰიდროქსისინამის მჟავა, კოფეინის მჟავა, ქლოროგენის მჟავა, სინამის მჟავა [86,151,184,201].

ფენოლური მჟავები (ფენოლკარბომჟავები) შეიცავენ ფენოლურ რგოლს და მინიმუმ ერთ კარბოქსილის ჯგუფს. სტრუქტურის მიხედვით ფენოლური მჟავები იყოფა C_6-C_3 (მაგ: P-კომარის, ფერულისა და კოფეინის მჟავა) და C_6-C_1 (მაგ: სირინგის, ვანილისა და გალის მჟავა). ამ ნაერთების უმეტესი ნაწილი დაკავშირებულია მცენარის ისეთ სტრუქტურულ კომპონენტებთან, როგორებიცაა ცელულოზა და ლიგნინი, ასევე შეიძლება დაკავშირებული იყოს სხვა ტიპის ორგანულ ნაერთებთან, როგორებიცაა ნახშირწყლები (გლუკოზა) ან ფლავონოიდები [82,178,201].

ფენოლკარბომჟავები	ფორმულა	მცენარის დასახელება
2-ცის4-ტრანს აბცისის მჟავა	$C_{15}H_{20}O_4$	მარწყვის თაფლი
2-ჰიდროქსიდარიჩინის მჟავა	$C_9H_8O_3$	მანუკა თაფლი
კოფეინის მჟავა	$C_9H_8O_4$	მანუკა თაფლი , აკაციის თაფლი,
ქლოროგენის მჟავა	$C_{16}H_{18}O_9$	აკაციის თაფლი
დარიჩინის მჟავა	$C_9H_8O_2$	წაბლის თაფლი, მარწყვის თაფლი,
ელაგის მჟავა	$C_{14}H_6O_8$	აკაციის თაფლი
ფერულის მჟავა	$C_{10}H_{10}O_4$	მანუკა თაფლი , აკაციის თაფლი,
გალის მჟავა	$C_7H_6O_5$	მანუკა თაფლი , აკაციის თაფლი, მარწყვის თაფლი, ფიჭვის თაფლი
P-კომარის მჟავა	$C_9H_8O_3$	მანუკა თაფლი , აკაციის თაფლი, მარწყვის თაფლი, ფიჭვის თაფლი
P-ჰიდროქსიბენზოის მჟავა	$C_7H_6O_3$	ტყისსამყურას თაფლი
პროტოკატეჟინის მჟავა	$C_7H_6O_4$	ფიჭვის თაფლი
სინაპის მჟავა	$C_{11}H_{12}O_5$	აკაციის თაფლი
სირინგის მჟავა	$C_9H_{10}O_5$	მანუკა თაფლი , აკაციის თაფლი, მარწყვის თაფლი

ვანილის მჟავა	C ₈ H ₈ O ₄	აკაციის თაფლი
---------------	--	---------------

ძირითადად, ეს ფენოლური ნაერთები განაპირობებენ თაფლის ანტიოქსიდანტურ აქტივობას, რომელთაც აქვთ უნარი გააუვნებელყონ თავისუფალი რადიკალები მეტად სტაბილური ან ნაკლებტოქსიკური მოლეკულების წარმოქმნის საფუძველზე [7,185,201].

ფენოლურ ნაერთებს შესწევთ უნარი, თავიანთივე ჰიდროქსიდის ჯგუფებიდან გაცემული წყალბადის ხარჯზე მოახდინონ თავისუფალი რადიკალების სტაბილიზაცია [114,201]. ფენოლური ნაერთების აქტივობის ხარისხი დამოკიდებულია მოლეკულაში ჰიდროქსიდის ჯგუფების რაოდენობაზე [129,135,201].

თაფლის უვნებლობა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია და ბოლო წლებში სერიოზულ პრობლემად იქცა, რადგანაც თაფლში ანტიბიოტიკების, პესტიციდების, მძიმე მეტალებისა და სხვადასხვა დამაბინძურებელი ნივთიერების შემცველობა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მნიშვნელოვანი საფრთხეა [37,188].

შესაძლებელია, პრეპარატის ნარჩენებმა მომხმარებლებში გამოიწვიოს ტოქსიკური, ალერგიული და სხვა ჰიპერმგრძობიარე რეაქცია [76], კერძოდ, კანის გაღიზიანება, დერმატიტი, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაზიანება და სხვა [117]. ანტიბიოტიკების ნარჩენები უარყოფითად მოქმედებს ე.წ. დადებით მიკროორგანიზმებზე, ზოგიერთი კი (ნიტროფურანი, ნიტრომიდაზოლი) შესაძლებელია გახდეს კიბოს გამომწვევი მიზეზი [133,146].

თაფლის ანტიბიოტიკებით დაბინძურების ძირითადი მიზეზი მეფუტკრეების მიერ ბაქტერიული დაავადებების წინააღმდეგ მათი არასწორი გამოყენებაა [6,109,206]. ამ საკითხის შესახებ მრავალი საერთაშორისო ნაშრომია გამოქვეყნებული. სამეცნიერო ლიტერატურის მონაცემთა კვლევამ ასევე გამოავლინა, რომ თაფლის ანტიბიოტიკებით დაბინძურების მიზეზი ფუტკარიც შეიძლება იყოს. მაგ., შეიძლება, ანტიბიოტიკებს შეიცავდეს ბანანის ყვავილის ნექტარი, საიდანაც, სავარაუდოდ, ისინი შეიძლება მოხვდეს თაფლში [3,23]

სხვადასხვა ქვეყანაში მოწეულ თაფლში სხვადასხვა ანტიბიოტიკია აღმოჩენილი. მარმარილოს ზღვის სანაპიროზე წარმოებული თაფლი (თურქეთი) ხშირად შეიცავს 50-დან 1700 ნგ/კგ ანტიბიოტიკებს. ამასთან, ფიჭაში მათი შემცველობა 3 თვის შემდგომაც ნარჩუნდება [52,70]. ბელგიაში დაადასტურეს, რომ, რაც მეტია სულფონამიდის შემცველობა ფიჭაში, მით მეტია მისი შემცველობა თაფლში [150]. ლინკომიცინის გამოყენების შემთხვევაში მისი კონცენტრაცია მკურნალობიდან 3 დღის შემდეგ 24 მკგ, 4 თვის შემდგომ – 3,3 მკგ, ხოლო 1 წლის შემდგომ კი – 1 მკგ იყო [11,168].

ჩინეთში თაფლში იკვლევდნენ 5 ანტიბიოტიკს: ტეტრაციკლინს, ოქსიტეტრაციკლინს, დოქსიციკლინს, ქლორტეტრაციკლინსა და ქლორამფენიკოლს. მინიმალური რაოდენობა აღმოჩნდა 10 მგ/კმ-მდე [42,58]. ევროკავშირსა და აშშ-ში ინდოეთიდან შეტანილ თაფლშიც აღინიშნა ანტიბიოტიკების მაღალი შემცველობა. შემოწმებული ნიმუშების 20%-ში აღმოჩენილი იყო სტრეპტომიცინი, ტეტრაციკლინი, სულფონამიდი [158,170]. საბერძნეთსა და საფრანგეთში თაფლში აღმოჩენილ იქნა ტეტრაციკლინის მეტაბოლიზმის ნარჩენები [38,157] ხოლო დიდ ბრიტანეთში- ოქსიტეტრაციკლინი [149,180], შვეიცარიაში ანტიბიოტიკები, როგორც ჰერბიციდის გამოყენებისას დეგრადაციის პროდუქტი [90], ესპანეთში-ტილოზინი, სულფამიდინი და სულფაქლორპირიდაზინი [150]. გერმანიაში თაფლის ნიმუშის 2%-ზე მეტი შეიცავდა სტრეპტომიცინს [206]. აზიაში – ქლორამფენიკოლს [122,131, თურქეთში – სულფონამიდისა და ტეტრაციკლინს [64,154].

საკვებ პროდუქტებში ანტიბიოტიკების ნარჩენი რაოდენობის განსაზღვრა მკაცრად რეგულირდება მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში. ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ევროკავშირში საკვების უვნებლობაზე პასუხისმგებელი არიან შესაბამისი სტრუქტურები (FDA, FSIS, FAO, WHO, EPPO, Codex alimentarius, ESVAC, EFSA, EMA, ECDC). ევროკავშირის ქვეყნებში აკრძალულია მეფუტკრეობაში ანტიბიოტიკების გამოყენება და დადგენილია (შვეიცარია, დიდი ბრიტანეთი, ბელგია და სხვა) ანტიბიოტიკისათვის მინიმალური ზღვრული მაჩვენებლები 0.01-დან 0.05 მგ/კგ [195

209]. შესწავლილია ანტიბიოტიკების, პესტიციდებისა და მათი მეტაბოლიტების უარყოფითი ზემოქმედება ადამიანის ჯანმრთელობაზე [38,98,170]

სოფლის მეურნეობაში არასწორად გამოყენებული პრეპარატები იწვევს ფუტკრის დაავადებას. პრობლემას ისიც ართულებს, რომ ამ პრეპარატების უმრავლესობა საქართველოში დარეგისტრირებული არაა. საქართველოს ევროკავშირში ასოცირების შემდგომ ევრო რეგულაციის მოთხოვნები აღიარებულია და თავლში ანტიბიოტიკებისა და მძიმე მეტალების მოხვედრა ამ სასარგებლო პროდუქტს არარეალიზებადს ხდის მაშინ, როდესაც საქართველოში წარმოებული თავლი გამოირჩევა მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობით [133].

FAO/WHO-ის ანგარიშებით ირკვევა, რომ ხშირია შემთხვევები, როდესაც თავლში მძიმე მეტალების რაოდენობა დასაშვებ ზღვარზეა [83] მძიმე მეტალების ნაწილი თავლში გარემოდან ხვდება, მცირე ნაწილი კი – ტექნოლოგიური პროცესების დროს გამოყენებული მანქანა-დანადგარებიდან. თავლში მძიმე მეტალების შემცველობა გაცილებით ნაკლებია სუფთა გარემოში, რადგანაც ნაკლებია ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენა [31,98]

Zn-ის ჭარბი რაოდენობა არასასურველია, თუმცა მცირე რაოდენობით იგი აუცილებელი კომპონენტია ადამიანის მრავალი დაავადების სამკურნალოდ. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით შეიცავს თუთიას მალაზიური თავლი (4.70 and 173.77 mg/kg), გაცილებით ნაკლებია იგი იტალიაში (3.1 mg/kg), ესპანეთში (3.9 mg/kg), თურქეთში (2.7 mg/kg), ირლანდიასა (5 mg/kg) და ინდოეთში (12.69 mg/kg) მოწეულ თავლში [119].

Cd-ის შემცველობა მალაზიის თავლში შეადგენს მაქსიმუმ 1,03 მგ/კგ, ცნობილ თავლში მანუკა, მისი შემცველობა ოდნავ ნაკლებია (1,01 მგ/კგ), ნაკლებია აგრეთვე ბერძნულ და ინდურში [132], ხოლო ოდნავ მეტია თურქულში. მაღალი ტოქსიკურობის მქონე Pb-ის შემცველობა დიდია ძირითადად შარაგზებისა და რკინიგზის სიახლოვეს არსებული სკებიდან აღებულ თავლში [71,193]. Co-ის

კონცენტრაცია საკმაოდ დაბალია მალაზიურ და ინდურ თაფლში, თურქულში კი შედარებით მეტია [132].

2. ექსპერიმენტული ნაწილი:

2.1. კვლევის ობიექტი

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა აკაციის, წაბლის, ჯარას, ცაცხვისა, ცაცხვი-წაბლის და პოლიფლორული (შემოდგომა და გაზაფხული) თაფლი. ნიმუშები აღებული იქნა 2018-2023 წლებში, დასავლეთ საქართველოს 4 რეგიონში: აჭარა, გურია, იმერეთი და სამეგრელო.

კერძოდ, კვლევა განხორციელდა 400-მდე თაფლის ნიმუშში და, საშუალო მაჩვენებლების გათვალისწინებით, შედეგები წარმოდგენილია 152 ნიმუშის სახით. თაფლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები წარმოდგენილია (საშუალო მაჩვენებლით) აკაციის 30, ჯარას 18 და წაბლის 14 ნიმუშის სახით, ანდრომედოტოქსინი შესწავლილი იქნა შემოდგომის პოლიფლორული თაფლის 12 ნიმუშში, იონები 36 ნიმუშში, ანტიბიოტიკები კი სხვადასხვა ბოტანიკური წარმოშობის 50 თაფლის ნიმუშში.

აკაციის თაფლი - 2022 და 2023 წლის მოსავალი. ნიმუშების შერჩევა მოხდა მტვრიანების მიკროსკოპული დათვალიერების საფუძველზე. კერძოდ, საანალიზოდ შერჩეულ იქნა თაფლის ის ნიმუშები, რომლებშიც აკაციის მტვრიანების რაოდენობა იყო 45%-ზე მეტი. აღებული ნიმუშებიდან შერჩეულ იქნა აკაციის თაფლის 30 ნიმუში (10-10 ნიმუში თითოეული მუნიციპალიტეტიდან და ჯამში 60 ნიმუში 2 წლის განმავლობაში) (ცხრილი №1).

წაბლის თაფლის ნიმუშები აღებულ იქნა გურიის, აჭარისა და იმერეთის რეგიონში. მტვრიანების ანალიზის შედეგად შერჩეულ იქნა ის ნიმუშები, რომლებშიც

მტვრიანების რაოდენობა 75%-ზე მეტი იყო. წაბლის თაფლის (ChH) 14 ნიმუში იყო 2022 წლის მოსავალი.

აკაციის თაფლის ნიმუშის დასახელება, ალების დრო და ადგილი ცხრილი №1.

ნიმუშის დასახელება	აღების დრო, წწ	რეგიონი	მუნიციპალიტეტი
აკაციის თაფლი 1 – ACH1	2022 – 2023	იმერეთი	ვანი
აკაციის თაფლის 2 – ACH2	2022 – 2023	იმერეთი	ბადდათი
აკაციის თაფლის 3 – ACH3	2022 – 2023	იმერეთი	სამტრედია
აკაციის თაფლის 4 – ACH4	2022 – 2023	იმერეთი	ზესტაფონი
აკაციის თაფლის 5 – ACH5	2022 – 2023	იმერეთი	ტყიბული
აკაციის თაფლის 6 – ACH6	2022 – 2023	იმერეთი	წყალტუბო
აკაციის თაფლის 7 – ACH7	2022 – 2023	იმერეთი	თერჯოლა
აკაციის თაფლის 8 – ACH8	2022 – 2023	იმერეთი	ხარაგაული
აკაციის თაფლის 9 – ACH9	2022 – 2023	იმერეთი	ხონი
აკაციის თაფლის 10 – ACH10	2022 – 2023	იმერეთი	ხონი
აკაციის თაფლის 11 – ACH11	2022 – 2023	გურია	ლანჩხუთი
აკაციის თაფლის 12 – ACH12	2022 – 2023	გურია	ლანჩხუთი
აკაციის თაფლის 13 – ACH13	2022 – 2023	გურია	ლანჩხუთი
აკაციის თაფლის 14 – ACH14	2022 – 2023	გურია	ოზურგეთი
აკაციის თაფლის 15 – ACH15	2022 – 2023	გურია	ოზურგეთი
აკაციის თაფლის 16 – ACH16	2022 – 2023	გურია	ოზურგეთი
აკაციის თაფლის 17 – ACH17	2022 – 2023	გურია	ოზურგეთი
აკაციის თაფლის 18 – ACH18	2022 – 2023	გურია	ჩოხატაური
აკაციის თაფლის 19 – ACH19	2022 – 2023	გურია	ჩოხატაური
აკაციის თაფლის 20 – ACH20	2022 – 2023	გურია	ჩოხატაური
აკაციის თაფლის 21 – ACH21	2022 – 2023	აჭარა	ხელვაჩაური
აკაციის თაფლის 22 – ACH22	2022 – 2023	აჭარა	ხელვაჩაური,
აკაციის თაფლის 23 – ACH23	2022 – 2023	აჭარა	ქედა
აკაციის თაფლის 24 – ACH24	2022 – 2023	აჭარა	ქედა
აკაციის თაფლის 25 – ACH25	2022 – 2023	აჭარა	ქედა
აკაციის თაფლის 26 – ACH26	2022 – 2023	აჭარა	ქედა
აკაციის თაფლის 27 – ACH27	2022 – 2023	აჭარა	ქედა
აკაციის თაფლის 28 – ACH28	2022 – 2023	აჭარა	ქედა
აკაციის თაფლის 29 – ACH29	2022 – 2023	აჭარა	ხულო
აკაციის თაფლის 30 – ACH30	2022 – 2023	აჭარა	ხულო

წაბლის თაფლის ნიმუშის დასახელება, აღების დრო და ადგილი

ცხრილი №2.

ნიმუშის დასახელება	აღების დრო,	მუნიციპალიტეტი	სოფელი
--------------------	-------------	----------------	--------

	წელი		
წაბლის თაფლი 1 – CH 1	2022	გურია	ასკანა
წაბლის თაფლი 2 – CH2	2022	ქედა	ოტოლაძეები
წაბლის თაფლი 3 – CH3	2022	ქედა	ჯალაბაშვილები
წაბლის თაფლი 4 – CH4	2022	ქედა	ხარაულა
წაბლის თაფლი 5 – CH5	2022	ქობულეთი	ჩაქვი
წაბლის თაფლი 6 – CH6	2022	ქედა	დანდალო
წაბლის თაფლი 7 – CH7	2022	ქედა	ახო
წაბლის თაფლი 8 – CH8	2022	ქედა	ჯალაბაშვილები
წაბლის თაფლი 9 – CH9	2022	ქედა	აბუქეთა
წაბლის თაფლი 10 – CH10	2022	ქედა	ცხმორისი
წაბლის თაფლი 11 – CH11	2022	ქედა	სიმონეთი
წაბლის თაფლი 12 – CH12	2022	ბათუმი	ბოტანიკური ბაღი
წაბლის თაფლი 13 – CH13	2022	ბაღდათი	ზეგანი
წაბლის თაფლი 14 – CH14	2022	წყალტუბო	ნამახვანი

ჯარას თაფლის ნიმუშები აღებულ იქნა აჭარის სამი სხვადასხვა მუნიციპალიტეტიდან (ქედა, შუახევი, ხულო) 2018 წლის შემოდგომაზე (სექტემბერი) (ცხრილი 3).

თაფლის ნიმუშებს ვინახავდით ჰერმეტიკულ კონტეინერებში (4-5°C).

ჯარას თაფლის ნიმუშის დასახელება, აღების დრო და ადგილი

ცხრილი №3.

ნიმუშის დასახელება	აღების დრო,	მუნიციპალიტეტი	სოფელი
--------------------	-------------	----------------	--------

	წელი		
ჯარას თაფლი 1 – JH1	2018	ქედა	გობრონეთი
ჯარას თაფლი 2 – JH2	2018	ქედა	ზესოფელი
ჯარას თაფლი 3 – JH3	2018	ქედა	ცხმორისი
ჯარას თაფლი 4 – JH4	2018	ქედა	ზენდიდი
ჯარას თაფლი 5 – JH5	2018	ქედა	ზუნდაგა
ჯარას თაფლი 6 – JH6	2018	ქედა	ნამონასტრევი
ჯარას თაფლი 7 – JH7	2018	ქედა	სალიბაური
ჯარას თაფლი 8 – JH8	2018	ქედა	მეძიბნა
ჯარას თაფლი 9 – JH9	2018	ქედა	მერისი
ჯარას თაფლი 10 – JH10	2018	შუახევი	ინწკირველი
ჯარას თაფლი 11 – JH11	2018	შუახევი	ხაბელაშვილები
ჯარას თაფლი 12 – JH12	2018	შუახევი	ქიძინიძეები
ჯარას თაფლი 13 – JH13	2018	შუახევი	კარაპეტი
ჯარას თაფლი 14 – JH14	2018	ხულო	სხალთა
ჯარას თაფლი 15 – JH15	2018	ხულო	კვატია
ჯარას თაფლი 16 – JH16	2018	ხულო	ფუმრუკაული
ჯარას თაფლი 17 – JH17	2018	ხულო	რაქვთა
ჯარას თაფლი 18 – JH18	2018	ხულო	ბარდნალი

2.2. კვლევის მეთოდები:

კვლევის ობიექტს ვსწავლობდით კვლევის თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით. თაფლის ნიმუშებს ვიკვლევდით შემდეგი სქემის მიხედვით:

თაფლის ნიმუში



4. მტვრიანების ანალიზი - ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურება



5. ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების განსაზღვრა



6. ქრომატოგრაფიული ანალიზი:

6.1. ნახშირწყლების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი;

6.2. კატიონების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი;

6.3. ფენოლური ნაერთების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი;

6.4. ანდრომედოტოქსინის ანალიზი;

6.5. მძიმე მეტალებისა და ანტიბიოტიკების ანალიზი;

კვლევისათვის გამოყენებულ იქნა ხელსაწყოები: HPLC, UPLC-MS Acquity H Class-ის ქრომატოგრაფები, pH მეტრი და კონდუქტომეტრი - pH/Ion meter S220 და S230 Conductivity, Mettler Toledo UV5, UV/Vis სკანირებადი სპექტოფოტომეტრი. სინათლის მიკროსკოპი, რომელიც აღჭურვილი იყო ვიდეოთვალთ (AmScope/ Microscope Digital Camera 18MP Aptina Color CMOS/Ultra-Fine Color Engine Inside/MU1803 USB3.0DC5V.900mA).

მტვრიანების ანალიზს ვახდენდით მიკროსკოპული დათვალიერებით, Louveaux et al. -ის მეთოდის მიხედვით. თითოეული ნიმუშისათვის მზადდებოდა სასაგნე მინა ნიმუშით, ხდებოდა მტვრიანების დათვალიერება ვიდეოთვალის საშუალებით და სურათის გადაღება სინათლის მიკროსკოპის გამოყენებით [46,186] (მეთოდი დეტალურად აღწერილი არის შესაბამის თავში).

წყლის შემცველობისა და მშრალი ნივთიერების (წყალში ხსნადი ნივთიერება) განსაზღვრა რეფრაქტომეტრული მეთოდით - მეთოდის არსი არის 20⁰ C რეფრაქციის მაჩვენებლის განსაზღვრა, რომლის მაჩვენებელი იმატებს მშრალი ნივთიერების ზრდის შესაბამისად (152,154). ტემპერატურის შესაბამისად რეფრაქციის მაჩვენებლის

კორექტირებას ვახდენდით 0,00023 ერთეულის მომატებით ან მოკლებით, ტემპერატურის ყოველ ერთ გრადუსზე ცვლილებისას. დაკრისტალებული თაფლის ნიმუშის შემთხვევაში ჰომოგენიზებულ თაფლის ნიმუშს ვაცხელებდით 50° C (±2) წყლის აბაზანაზე შაქრის კრისტალების სრულ გახსნამდე. შემდეგ ნიმუშს ვაცივებდით ოთახის ტემპერატურაზე და ვსაზღვრავდით რეფრაქციის მაჩვენებელს. თითოეულ ნიმუშზე ვახდენდით სამჯერად განსაზღვრას და ვაფიქსირებდით საშუალო მაჩვენებელს.

pH და საერთო მჟავიანობის განსაზღვრა პოტენციომეტრული მეთოდით, Seven Compact, Mettler Toledo-ს meter S220 pH-მეტრის გამოყენებით [27,89,101,134]. საწყის ეტაპზე ვამზადებდით თაფლის წყალხსნარს, კერძოდ, 10გ თაფლის ნიმუშს ვხსნიდით 75მლ CO₂-გან თავისუფალ გამოხდილ წყალში და ვსაზღვრავდით pH. pH-ის მაჩვენებლის დაფიქსირება ხდებოდა მძიმედან ორი რიცხვით. შემდეგ ვაგრძელებდით გატიტვრას 0,1 M NaOH- ით pH- 8,3- მდე. საერთო მჟავიანობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით $C=V(\text{ml NaOH}) \times 10$ და მიღებული შედეგი გამოისახება, როგორც მილი ექვივალენტი მჟავისა/კგ თაფლში. ყველა განსაზღვრას ვახდენდით სამჯერადად.

ელექტროგამტარობის განსაზღვრა კონდუქტომეტრული მეთოდით Seven Compact, Mettler Toledo-ს S230 Conductivity-ის გამოყენებით [153,154] ელექტროგამტარობის განსაზღვრისათვის ვამზადებდით თაფლის 20% წყალხსნარს (გამოხდილი წყალი, თავისუფალი CO₂-გან), კონდუქტომეტრზე განსაზღვრას ვახდენდით 20°C . განსაზღვრამდე ხელსაწყოს დაკალიბრება ხდებოდა 0,01 M KCl. შედეგები გამოისახება, როგორც მილისიმენსი/სმ. ყველა განსაზღვრას ვახდენდით სამჯერადად[45,152].

დიასტაზური აქტივობა (შადეს სკალის მიხედვით) - სტანდარტული შადეს მეთოდით [152,156]. დიასტაზური აქტივობა განისაზღვრება, როგორც ამილოლიზური ფერმენტის რაოდენობა 1კგ თაფლში, რომელსაც შესწევს უნარი, დაშალოს 0,001გ სახამებელი 1სთ-ის განმავლობაში 40°C ტემპერატურის პირობებში. მეთოდი დაფუძნებულია საკვლევ ნიმუშში ფერმენტული რეაქციის მიმდინარეობისას, ლურჯი

ფერის ინტენსივობის ცვალებადობაზე დროის განსაზღვრულ დიაპაზონში. ოპტიკური სიმკვრივის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკის აგება ხდება იმ tx დროის განსაზღვრისათვის, როცა ოპტიკური სიმკვრივის მნიშვნელობა იქნება 0,235. ოპტიკური სიმკვრის განსაზღვრა ხდება 660 ნმ-ზე 1სმ სისქის კიუვეტაში. დიასტაზური რიცხვი გამოითვლება $300 / tx$ -ზე და მიღებული შედეგები გამოისახება შადეს ერთეულში. ყველა განსაზღვრას ვახდენდით სამჯერადად.

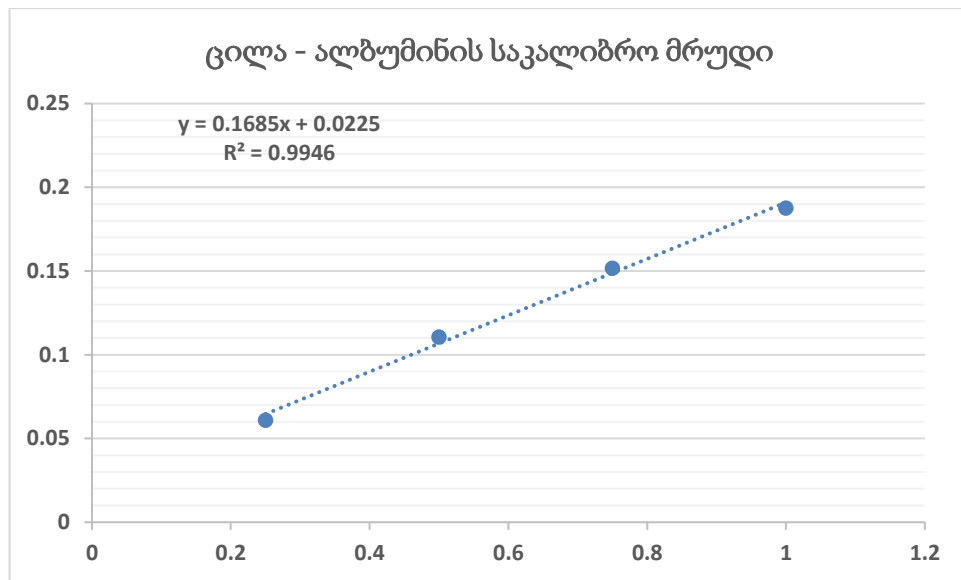
პროლინის განსაზღვრა - მეთოდი დაფუძნებულია პროლინის ნინჰიდრინთან წარმოქმნილი კომპლექსის შეფერილობის განსაზღვრაზე. ნიმუშის მომზადებისათვის პიპეტით ვიღებდით თაფლის საანალიზო ხსნარის 0,5მლ-ს პირველ სინჯარაში, წყლის 0,5მლ-ს მეორე სინჯარაში და პროლინის სტანდარტული ხსნარის 0,5მლ-ს მესამე სინჯარაში. თითოეულ სინჯარას ვუმატებდით 1მლ ჰიანჰველმჟავას და 1მლ ნინჰიდრინის ხსნარს. სინჯარებს ენერგიულად ვანჯღრევდით 15 წთ-ის განმავლობაში. შემდეგ ვათავსებდით მდულარე წყლის აბაზანაში 15 წთ-ით, ამ დროის გასვლის შემდეგ ისევ ვაყოვნებდით წყალში 10 წთ-ით 70°C -ზე. შემდეგ თითოეულ სინჯარას ვუმატებდით 5მლ 2-პროპანოლის წყლიან ხსნარს, 45 წუთის შემდეგ ვსაზღვრავდით ოპტიკურ სიმკვრივეს 510 ნმ-ზე. ყველა განსაზღვრას ვახდენდით სამჯერადად.

პროლინის შემცველობა გამოითვლება, როგორც მგ/კგ თაფლში მძიმის შემდეგ ერთი ციფრის სიზუსტით.

$\text{პროლინი(მგ/კგ)} = \frac{ES}{Ea} \cdot \frac{E1}{E2} \cdot 80$ სადაც: • ES - საანალიზო ხსნარის აბსორბცია; • Ea - პროლინის სტანდარტული ხსნარის აბსორბცია; • E1-მგ. პროლინის მასა აღებული სტანდარტული ხსნარისათვის; • E2 - თაფლის მასა გ-ში; • 80 - გაზავების ფაქტორი.

ცილის განსაზღვრა სპექტრული მეთოდით, ამიდოშავის რეაგენტით - მეთოდი დაფუძნებულია ამიდოშავის რეაგენტით ცილის დალექვაზე და ფერის ინტენსივობის ცვლილებით (საწყის ხსნარსა და დალექვის შემდეგ მიღებულ ხსნარს შორის) ცილის კონცენტრაციის განსაზღვრაზე [29,36,41,69]. თაფლის ნიმუშის ექსტრაქტის 1 მლ-ს

ვამატებდით ამიდოშავის რეაგენტის 2 მლ. შემცველობას, შევურევდით და ვტოვებდით ოთახის ტემპერატურაზე 10 წთ-ით. ამ დროის გასვლის შემდეგ ვაცენტრიფუგირებდით 15 წუთის განმავლობაში 6000 ბრუნი/ წთ-ში. ცენტრიფუგირებული ხსნარიდან ვიღებდით 1 მლ და გადაგვქონდა 25 მლ მოცულობის მზომ კოლბაში და ნიშანხაზამდე ვავსებდით გამოხდილი წყლით. სპექტროფოტომეტრის გამოყენებით ვსაზღვრავდით თითოეული ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს 615 ნმ. პარალელურად ვამზადებდით საკონტროლო ხსნარს, რომელშიც სტანდარტული ხსნარის ნაცვლად ვიღებდით 1მლ გამოხდილ წყალს. აბსორბციის მაჩვენებლის კონცენტრაციაში გადასაყვანად ვიყენებდით სტანდარტული ცილის საკალიბრო მრუდს.



$$C \text{ მგ/გ} = (A_{\text{ამიდოშავის}} - A_{\text{ნიმუშის}}) \cdot K \cdot V / m \text{ სადაც}$$

A - აბსორბცია ამიდოშავისა ან ნიმუშის

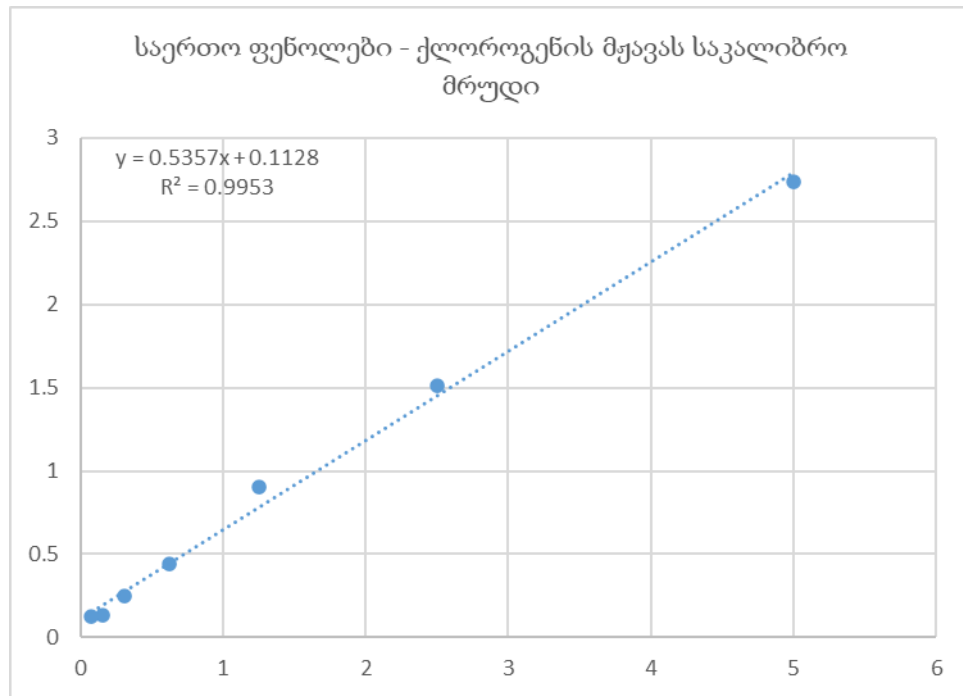
K- გადაანგარიშების კოეფიციენტი საკალიბროს მიხედვით

C – ცილის კონცენტრაცია ნიმუშში მგ/გ

ფერის ინტენსივობის განსაზღვრა - PFUND სკალის მიხედვით (Lovibond 2000 & 1000 comparator [154,155].

საერთო ფენოლების რაოდენობრივი განსაზღვრა - ფოლინ-ჩიოქალთეუს მეთოდით (ქლოროგენის მჟავაზე გადაანგარიშებით) [63,172,173,181,163]. საერთო

ფენოლური ნაერთების განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა სპექტრული მეთოდი Folin-Ciocalteu-ს რეაგენტის გამოყენებით. თავლის ექსტრაქტის 1მლ-ს ვუმატებდით Folin-Ciocalteu-ს რეაგენტის 1მლ-ს, 3 წუთის შემდეგ 10% N_2CO_3 1მლ და მოცულობა მიგვყავდა 10 მლ-მდე წყლით. 90 წთ-ის შემდეგ 725 ნმ-ზე ვსაზღვრავდით ოპტიკურ სიმკვრივეს. მიღებული შედეგის გამოსახვა ხდებოდა ქლოროგენის მჟავაზე გადაანგარიშებით - მგ/კგ თავლში [137].



საერთო ფენოლების შემცველობა გამოითვლება ფორმულით:

$$X = (YV F) * 1000 / m$$

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

Y – საანალიზო ნიმუშის კონცენტრაცია საკალიბრო მრუდის მიხედვით

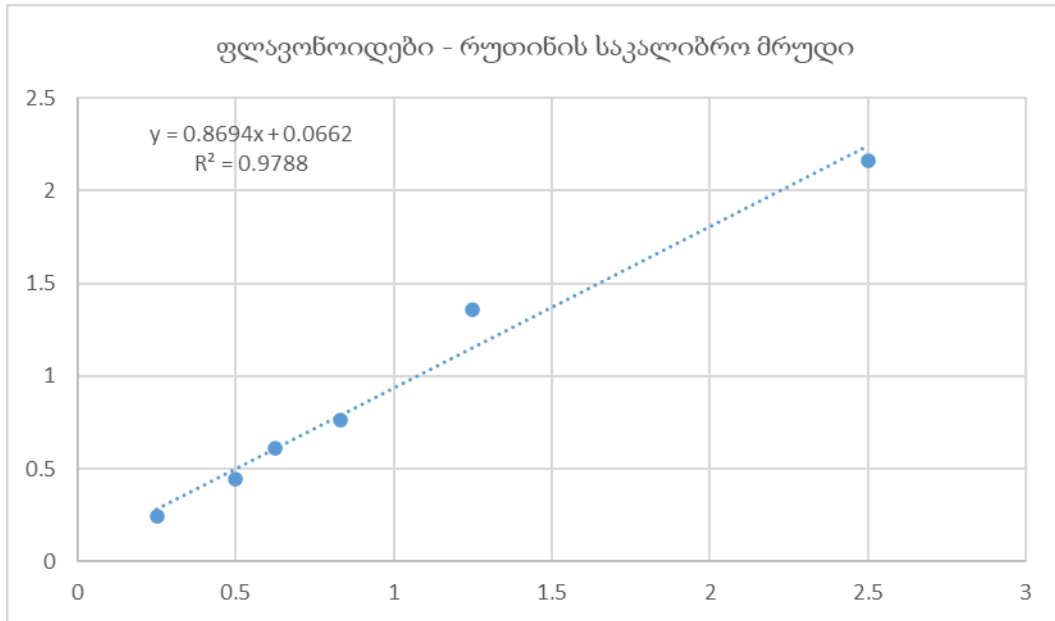
F – განზავების ფაქტორი;

V – ექსტრაქტის საერთო მოცულობა, მლ;

m - საექსტრაქციოდ აღებული თავლის ნიმუშის მასა, გ

ფლავონოიდების რაოდენობრივი განსაზღვრა $AlCl_3$ -ის სპექტრული მეთოდით [163,181]. თავლის ექსტრაქტის საერთო მოცულობიდან 1 მლ გადაგვქონდა 10 მლ მოცულობის სინჯარაში, ვამატებდით 5 მლ H_2O , 0,3 მლ 5% $NaNO_2$ და ვაყოვნებდით 5

წუთის განმავლობაში, შემდეგ ვამატებდით 0,3 მლ 10% AlCl₃ და ვაყოვნებდით 6 წუთით. ამ დროის გასვლის შემდეგ ვამატებდით 2 მლ 1N NaOH-ს და 510 ნმ-ზე ვსაზღვრავდით ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეს. განსაზღვრის შედეგად მიღებული მონაცემების გადაანგარიშება ხორციელდებოდა რუთინის საკალიბრო მრუდზე.



საერთო ფლავონოიდების შემცველობა გამოითვლება ფორმულით:

$$X = (YV F) \cdot 1000 / m$$

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

Y – საანალიზო ხსნარის კონცენტრაცია საკალიბრო მრუდის მიხედვით;

F – განზავების ფაქტორი;

V – ექსტრაქტის საერთო მოცულობა, მლ;

m - საექსტრაქციოდ აღებული თაფლის ნიმუშის მასა, გ.

ფენოლკარბომჟავების შემცველობა - სპექტრული მეთოდით, [172,173].

ფენოლკარბომჟავების ანალიზისათვის თაფლის ნიმუშების განზავება ხდებოდა 1:10 10 % ეთანოლით, რისთვისაც თაფლის 1გ-ს ვხსნიდით 9 მლ 10% ეთილის სპირტში. შემდეგ ექსტრაქტის 250 მკლ, ვამატებდით 250 მკლ 0,1% მარილმჟავა ეთანოლის სპირტ-ხსნარს და 4.55მლ 2% მარილმჟავას. ნარევის ენერგიული მორევის შემდეგ ვაყოვნებდით 15 წუთით და ვსაზღვრავდით 320 ნმ.

პარალელურად ვამზადებდით საკონტროლო ხსნარს, სადაც სტანდარტული ხსნარის ნაცვლად ვიღებდით 1მლ 10 % ეთილის სპირტს. აბსორბციის მაჩვენებლის კონცენტრაციაში გადასაყვანად ვიყენებდით სტანდარტული კოფეინის მჟავაზე საკალიბრო მრუდს.

$$C \text{ მგ/კგ} = (K * A \text{ ნიმუშის}) * F * V/m$$

სადაც

C – ფენოლკარბომჟავების კონცენტრაცია ნიმუშში მგ/კგ

A - ნიმუშის აბსორბცია

K- გადაანგარიშების კოეფიციენტი საკალიბრო მრუდის მიხედვით

F – განზავების ფაქტორი;

V – ექსტრაქტის საერთო მოცულობა, მლ;

m - საექსტრაქციოდ აღებული თაფლის ნიმუშის მასა, გ.

ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრა DPPH Free Radical-Scavenging Activity მეთოდის გამოყენებით. DPPH არის 2,2-დიფენილ-1-პიკრილ ჰიდრაზილის სტაბილური რადიკალი [172,173], რომლის 50% ინჰიბირებით ისაზღვრება საანალიზოდ აღებული ნიმუშის ანტიოქსიდანტური აქტივობა. აქტივობის მახასიათებელი გამოითვლება, როგორც მგ ნიმუშის მიერ DPPH რადიკალის 50% ინჰიბირება. მეთოდი დაფუძნებულია თაფლის ექსტრაქტისა (1 მლ) და რადიკალის (3 მლ) ნარევის 15-წუთიანი დაყოვნების შემდეგ ფერის ინტენსივობის განსაზღვრაზე. განსაზღვრას ვახდენდით 517 ნმ-ზე. ოპტიკური სიმკვრივის სხვაობის, ნიმუშის მასისა და ექსტრაქტის მოცულობის გათვალისწინებით განსაზღვრულ იქნა თაფლის ანტიოქსიდანტური აქტივობა [93,137].

ნახშირწყლების, კატიონების, ფენოლური ნაერთების, ანდრომედოტოქსინის, ანტიბიოტიკებისა და მძიმე მეტალების თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი განხორციელდა მაღალი წნევისა და ულტრა მაღალი წნევის სითხოვანი

ქრომატოგრაფირების მეთოდით (მეთოდი დეტალურად აღწერილი არის შესაბამის თავებში) [116, 130,152, 177,179];

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

2.3. თაფლის ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურებისათვის

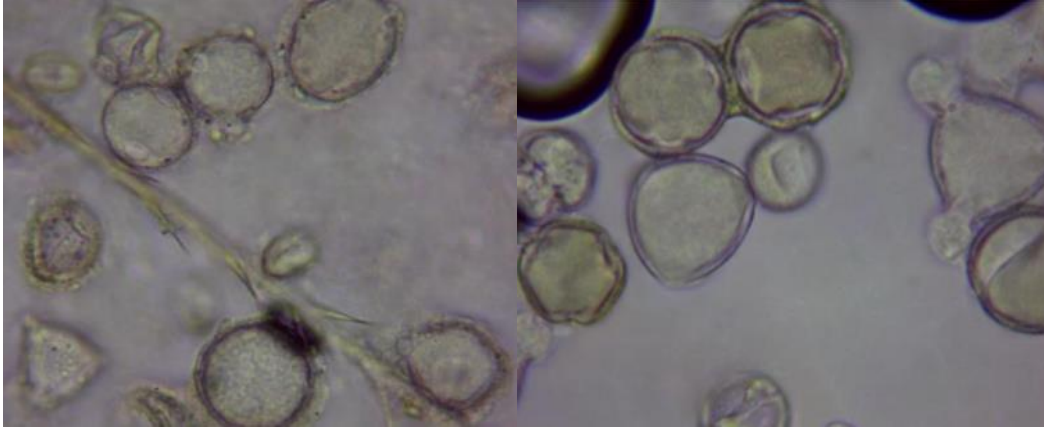
მტვრიანების მიკროსკოპული კვლევა

თაფლის ფერი, არომატი, გემო და სამკურნალო-პროფილაქტიკური თვისებები დამოკიდებულია ყვავილის ნექტარზე, ხოლო ამ უკანასკნელის შემადგენლობა დამოკიდებულია იმ ენტომოფილურ მცენარეებზე, რომლებიც ყვავილობენ თაფლის

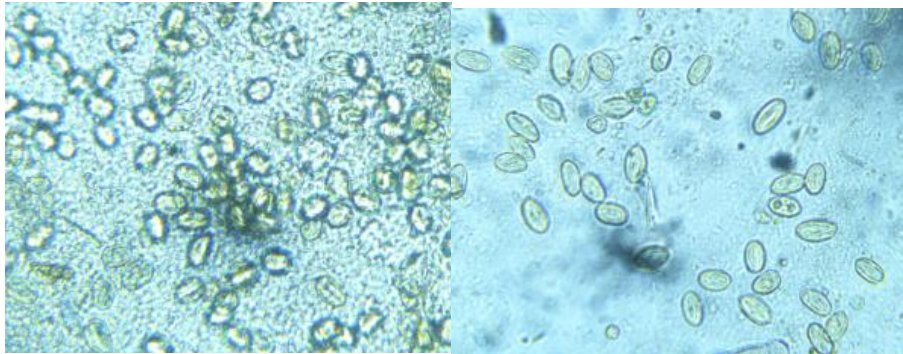
შეგროვების პერიოდში [15,130]. ყვავილის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები განსაზღვრავენ თავლის ბიოლოგიურ აქტივობას [63,139,165].

მტვრიანების ანალიზისათვის გამოყენებულ იქნა სინათლის მიკროსკოპი, რომელიც აღჭურვილი იყო ვიდეოთვალთ (AmScope/ Microscope Digital Camera 18MP Aptina Color CMOS/Ultra-Fine Color Engine Inside /MU1803 USB3.0DC5V.900mA). ანალიზისათვის ვილებდით თავლის ნიმუშის 10 გ ± 0,1გ, ვუმატებდით 20 მლ წყალს და მორევით ვხსნიდით არაუმეტეს 40 °C-ისა. ნიმუშის გახსნის შემდეგ ვაცენტრიფუგირებდით 1000 ბრუნი/წმ სიჩქარით 10 წუთის განმავლობაში. ცენტრიფუგირებული სითხის მოცილების შემდეგ ვუმატებდით წყლის ახალ ულუფას (20 მლ) და კვლავ ვაცენტრიფუგირებდით 1000 ბრუნი/წმ სიჩქარით 5 წუთის განმავლობაში. მიღებულ სითხეს ვაცილებდით დეკანტაციით და ცენტრიფუგის ჭურჭელს 45-გრადუსიანი კუთხით ვაყოვნებდით ფილტრის ქაღალდზე სითხის სრულად მოცილებისათვის. დარჩენილი ნალექი გადაგვქონდა სასაგნე მინაზე (22x22 მმ), რომელიც წინასწარ იყო გაცხელებული 40°C-ზე. მტვრიანებს ჯვარედინი მოძრაობით თანაბრად ვანაწილებდით გლიცერინ - ჟელატინის ზედაპირზე. ნარევის მაქსიმალური გაჯირჯვების (40°C-ზე 5 წუთის განმავლობაში) შემდეგ ვათვალთვლებდით მიკროსკოპში. მტვრიანების იდენტიფიკაციისათვის გამოყენებულ იქნა თაფლოვანი მცენარეების მტვრიანების პრეპარატები და სხვადასხვა მცენარის მტვრიანების ატლასები. თითოეულ ნიმუშში დათვლილ იქნა 500-ზე მეტი მტვრიანა. მეტი სიზუსტისათვის მტვრიანების დათვლა ხორცილედებოდა სამჯერადად და თითოეული ნიმუშისათვის გამოთვლილ იქნა საშუალო მაჩვენებელი. მაჩვენებელი გამოთვლილია პროცენტებში და შედეგები მოცემულია დიაგრამა №1-№5-ში. შემცველობის მიხედვით მტვრიანები დავყავით 4 ჯგუფად: დომინანტი მტვრიანები (45%-ზე მეტი), მეორადი მტვრიანები (16-45%), მნიშვნელოვანი მინორული მტვრიანები (3- 15%), მინორული მტვრიანები (3%-ზე მეტი) [47,169,186].

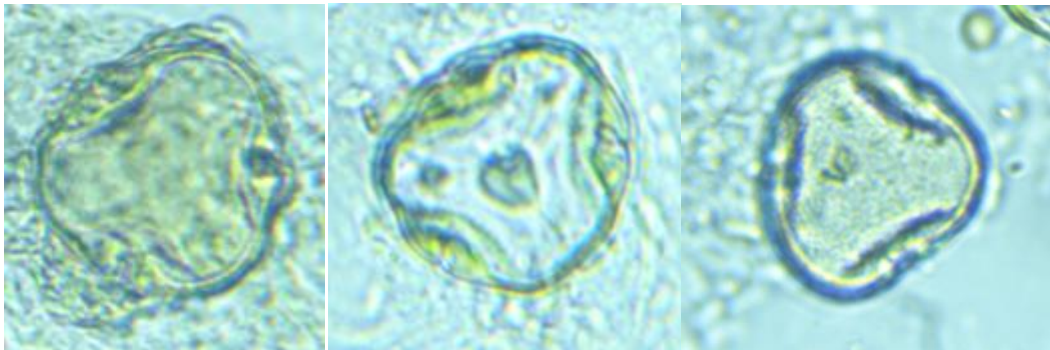
საანალიზოდ აღებულ თაფლში დომინანტი მტვრიანების სურათები



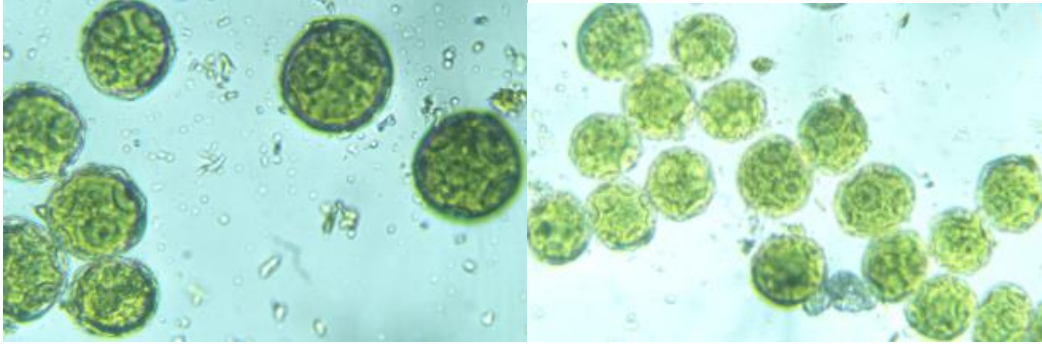
სურათი 1. თაფლში ფსევდო აკაციის *Pseudacacia* ყვავილის მტვრიანა



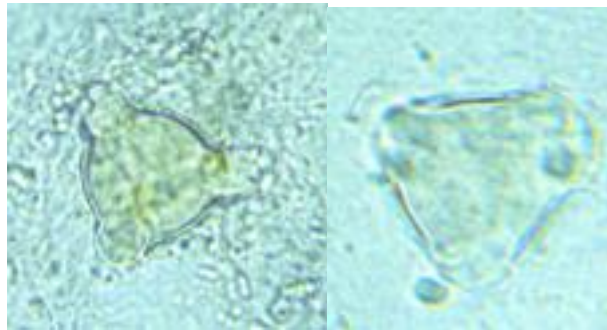
სურათი 2. თაფლში წაბლის *Castanea sativa* Mill. (Chestnut) ყვავილის მტვრიანა



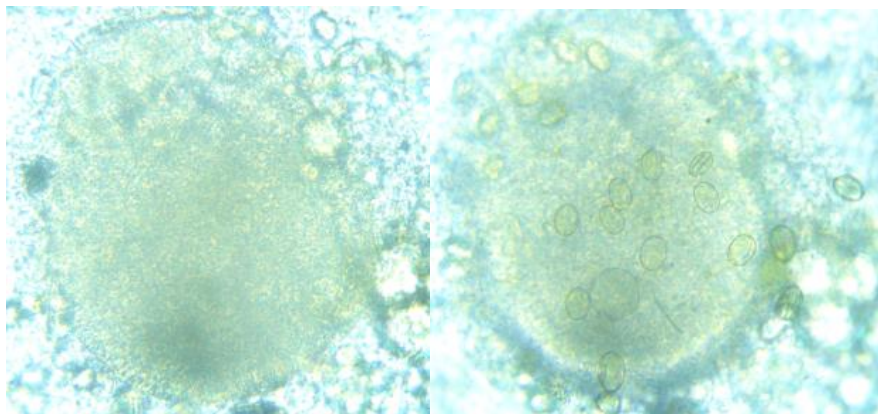
სურათი 3. თაფლში ცაცხვის *Tilia caucasica* ყვავილის მტვრიანა



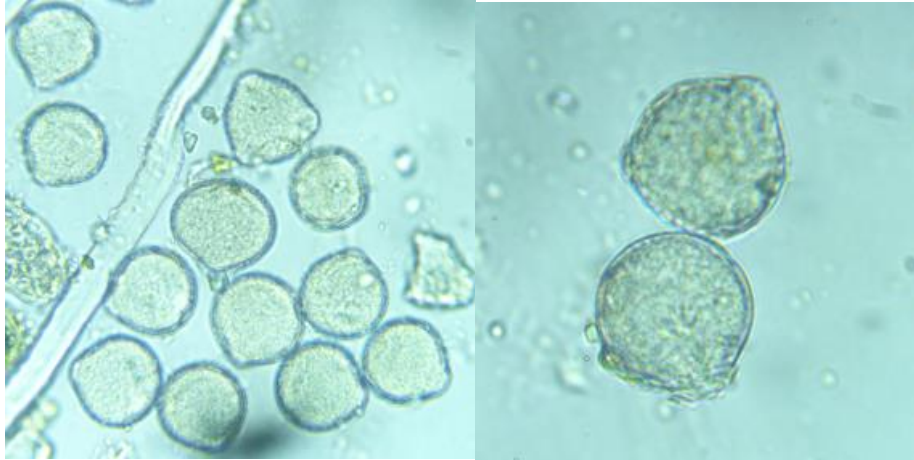
სურათი 4. თაფლში კაკლის - *Juglans regia* ყვავილის მტვრიანა



სურათი 5. თაფლში ჟოლოს - *Rubus idaeus* ყვავილის მტვრიანა

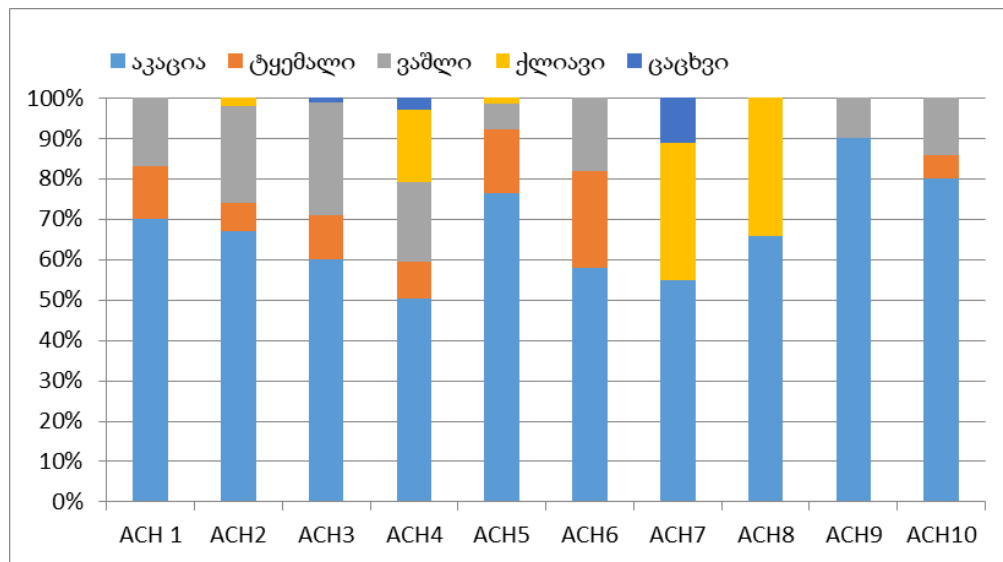


სურათი 6. თაფლში ბაბუაწვერას - *Taraxacum officinale* ყვავილის მტვრიანა
(მეორე სურათზე ბაბუაწვერას მტვრიანაზე დევს წაბლის მტვრიანა)

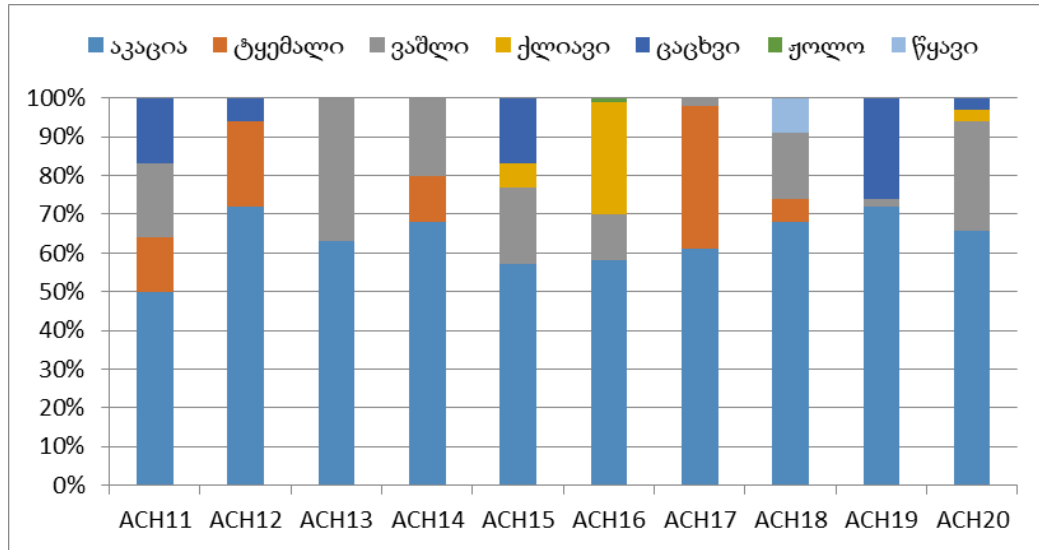


სურათი 7. თაფლში ტყის სამეურას - *Trifolium medium* ყვავილის მტვრიანა

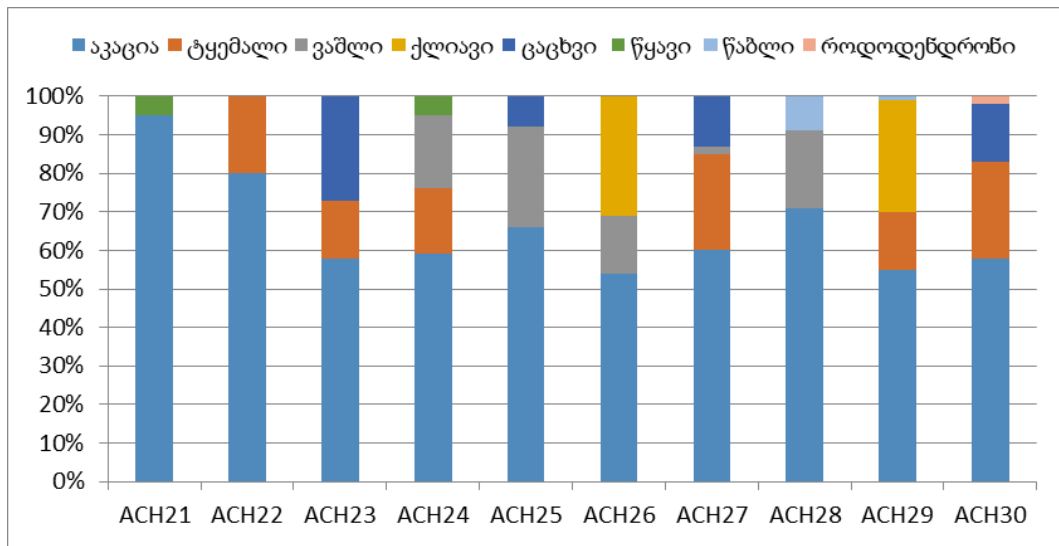
აკაციის თაფლის მტვრიანების ანალიზმა აჩვენა, რომ საანალიზოდ აღებულ თაფლის ნიმუშებში გამოვლენილია: აკაციის, ცაცხვის, ვაშლის, ჟოლოს, ქლიავის, ტყემლის, წყავის მტვრიანა. (დიაგრამა 1,2,3).



დიაგრამა 1. იმერეთის რეგიონის აკაციის თაფლის 10 ნიმუშში მტვრიანების შემცველობა



დიაგრამა 2. გურიის რეგიონის აკაციის თაფლის 10 ნიმუშში მტვრიანების შემცველობა

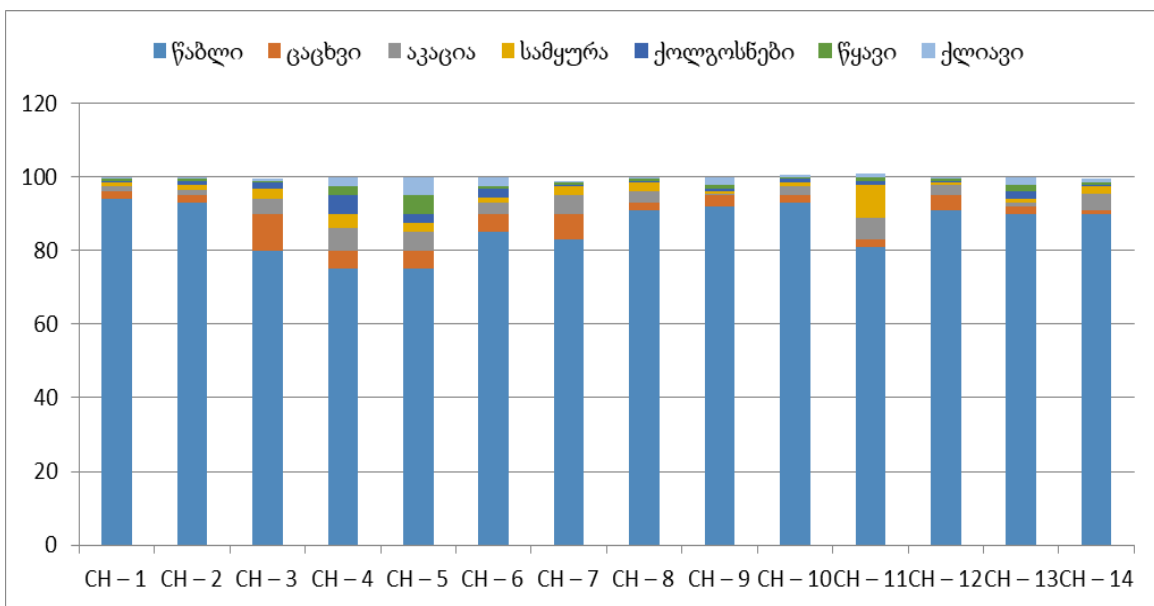


დიაგრამა 3. აჭარის რეგიონის აკაციის თაფლის 10 ნიმუშში მტვრიანების შემცველობა

აკაციის თაფლის ყველა ნიმუშში დომინანტს წარმოადგენს აკაციის მტვრიანა. მეორადი მტვრიანების სახით შეინიშნება ვაშლისა და ტყემლის მტვრიანა. ნიმუშებში: ACH11, ACH19, ACH23, ACH26, ACH29, მეორად მტვრიანას წარმოადგენს ცაცხვი. ასევე ACH30 კვალის სახით აღინიშნება როდოდენდრონის მტვრიანა. რომელიც იდენტიფიცირებულია აჭარის, კერძოდ, ხულოს რაიონში მოწეული თაფლის ნიმუშში.

აკაციის მტვრიანების მაღალი შემცველობით გამოირჩევა ACH9 იმერეთის რაიონი და ACH21 - 95% აჭარის რაიონი.

წაბლის თაფლის ნიმუშებში გვხვდება დომინანტი მტვრიანას სახით წაბლის მტვრიანები, მათი რაოდენობა 75%-დან 94%-მდეა, 5-დან 10%-მდე გვხვდება ცაცხვის, აკაციის, ტყის სამყურას, ქოლგოსნების, წყავისა და ქლიავის ყვავილის მტვრიანები. ცაცხვის მტვრიანები წაბლის თაფლის მხოლოდ მე-3 ნიმუშში გვხვდება 10%-ით, მე-7 თაფლში - 7%-ია, მე-4, მე-5 და მე-6 ნიმუშში 5%-ით არის წარმოდგენილი. 5%-ზე ნაკლები რაოდენობით გვხვდება ყველა სხვა დანარჩენი მტვრიანა.

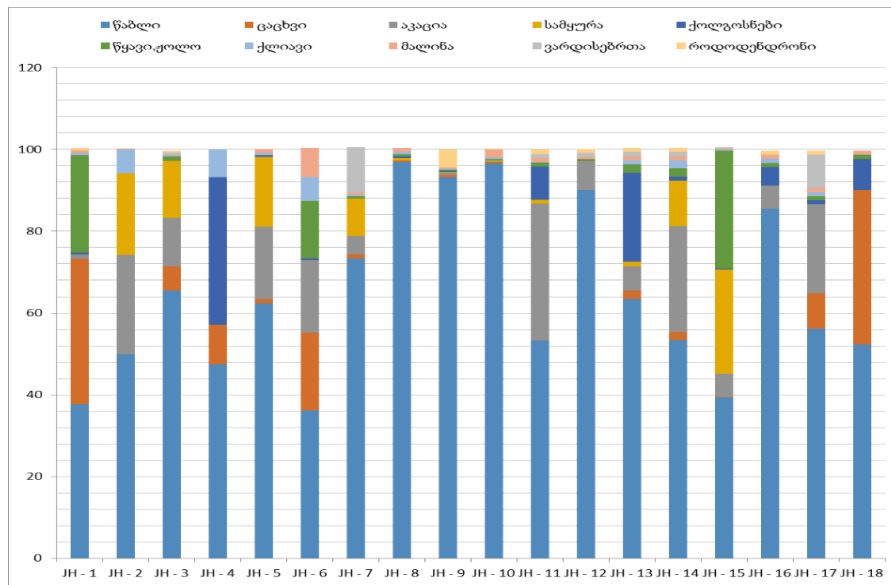


დიაგრამა 4. წაბლის თაფლის 14 ნიმუშში მტვრიანების შემცველობა

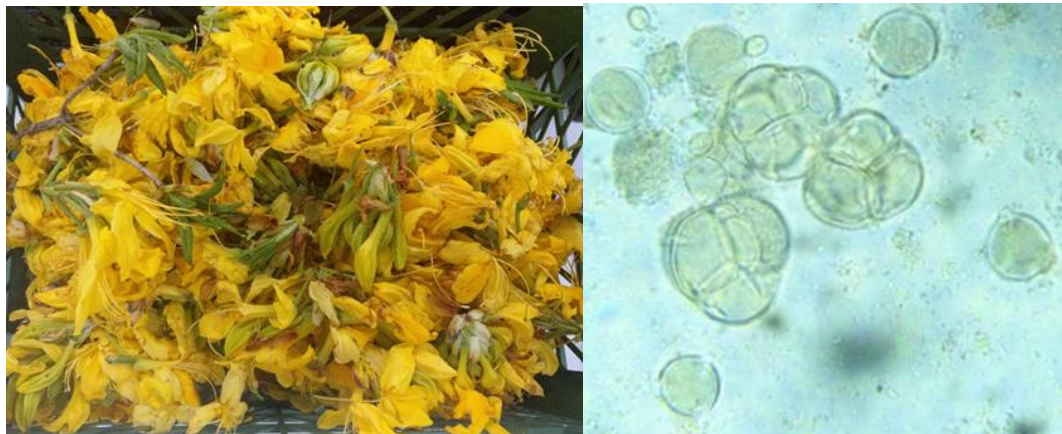
ჯარას თაფლში მტვრიანების ანალიზის შედეგები მიუთითებს საკვლევ რეგიონში ფუტკრების მიერ გამოყენებული რესურსების მრავალფეროვნებაზე. ჯარას თაფლში მტვრიანების ანალიზმა აჩვენა, რომ საანალიზოდ აღებული 18 ნიმუშიდან გამოვლინდა წაბლის, ცაცხვის, აკაციის, კაკლის, წყავის, ვაშლის, ჟოლოს, ქლიავის, სამყურასა და ბაბუაწვერას მტვრიანა (ცხრილი 7).

თაფლის 15 ნიმუშში წაბლის მტვრიანების შემცველობა 45-ზე მეტი იყო, მაგალითად, ქედის ნიმუშებში 47,5 – 96,89%, შუახევში 53,28 – 96,6 და ხულოში 46,19 – 80,47%. ჯარას თაფლის 3 ნიმუშში (JH 1, JH 6 და JH 15) წაბლის მტვრიანა არ არის

დომინანტური, მაგრამ მისი შემცველობა უფრო მაღალია, ვიდრე ცაცხვის, აკაციისა და სხვა. (ცხრილი 7). როდოდენდრონის მტვრიანები იდენტიფიცირებულია - JH 1, JH 6, JH9, JH10, JH11, JH13, JH14, JH15, JH16 და JH17 ნიმუშებში. მტვრიანების შემცველობა უფრო მაღალია 9, 13 და 16 ნიმუშში (JH9 – 4,45%, JH13 – 4,88 % და JH9 – 4,26%), სხვა ნიმუშებში მათი რაოდენობა 3%-ზე ნაკლებია.



დიაგრამა 5. ჯარას თაფლის 18 ნიმუშში მტვრიანების შემცველობა



სურათი 8. როდოდენდრონის ყვავილი და მტვრიანა

მიკროსკოპული ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჯარას თაფლი შეიძლება კლასიფიცირდეს, როგორც პოლიფლორული თაფლი. მიუხედავად იმისა, რომ თაფლის 7, 8, 9, 10, 12 და 16 ნიმუშში, წაბლის მტვრიანების

კონცენტრაცია ისეთივე მაღალია, როგორც მონოფლორული თაფლის (73,36 – 96,89 %) შემთხვევაში იქნებოდა. მტვრიანების მიკროსკოპული ანალიზის საფუძველზე დადასტურებულ იქნა თაფლის ბოტანიკური წარმოშობა და საანალიზოდ შერჩეულ იქნა აკაციის თაფლი, სადაც ფსევდო აკაციის ყვავილის (*Pseudi acacia*) მტვრიანების რაოდენობა 45%-ზე მეტი იყო, წაბლის თაფლი - წაბლის ყვავილის მტვრიანები (*Castanea sativa* Mill) 75%-დან 94%-მდე რაოდენობით, ხოლო ჯარას თაფლი იდენტიფიცირებულ იქნა, როგორც პოლიფლორული თაფლი.

2.4. თაფლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების შესწავლა

თაფლი შედის ევროპაში ყველაზე მეტად ფალსიფიცირებადი საკვები პროდუქტების ათეულში. მისი ფალსიფიკაციის ხერხები და მეთოდები ვრცელია, რაც უარყოფით გავლენას ახდენს თაფლის ხარისხსა და მომხმარებლის ჯანმრთელობაზე. იმისათვის, რომ ასეთი ღირებული პროდუქტი დაეცვათ, 1981 წელს მიიღეს კოდექსი თაფლის სტანდარტის შესახებ, რომელიც პერიოდულად იხვეწებოდა და ცვლილებები შეტანილ იქნა 1987, 2001 და 2019 წლებში. კოდექსის შექმნის მიზანი გახლდათ თაფლის წარმოებისა და შენახვის პირობების რეგულირება იმ პარამეტრების დადგენით, რომელიც განსაზღვრავდა თაფლის ხარისხს [87]. ამ უკანასკნელის განსაზღვრის კრიტერიუმები, ევრორეგულაციის მიხედვით იყოფა 2 ჯგუფად: პირველი, ორგანოლექტიკური მახასიათებლები, რომლებიც მოიცავს თაფლის ფერის, გემოს, კონსისტენციისა და არომატის განსაზღვრას და მეორე, ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები (ტენიანობა, ნახშირწყლების შემცველობა, მჟავიანობა, pH, მინერალები, ელექტროგამტარობა, ვიტამინები, ცილები, ჰიდროქსიმეთილფურფუროლი, ორგანული მჟავების შემცველობა). ამ მახასიათებლებზე გავლენას ახდენს როგორც ნექტრის ტიპი, ასევე კლიმატი, ნიადაგი და თაფლის დამუშავების მეთოდები[169].

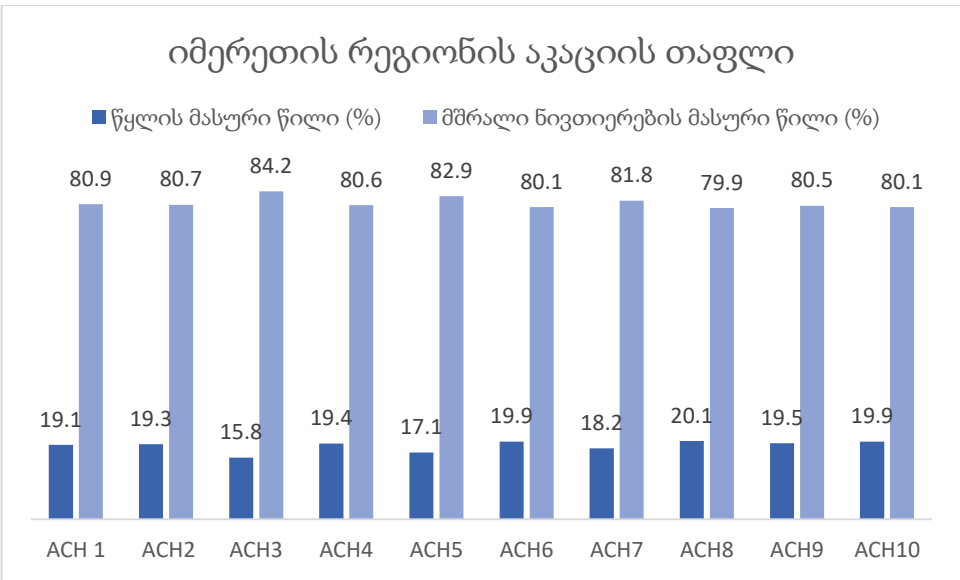
მტვრიანების ანალიზის საფუძველზე თაფლის ნიმუშების ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურების შემდეგ აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლის ნიმუშებში განსაზღვრულ იქნა ევრორეგულაციით გათვალისწინებული ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები: წყლისა და მშრალი ნივთიერების შემცველობა, აქტიური მჟავიანობა, თავისუფალი მჟავების კონცენტრაცია, ელექტროგამტარობა, დიასტაზური აქტივობა, ცილისა და პროლინის რაოდენობა[36,46].

წყლის შემცველობა თაფლში ხარისხის განმსაზღვრელი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრია. რაც უფრო მეტია წყლის შემცველობა, მით უფრო მეტია შანსი თაფლის შენახვის პერიოდში სპირტული დუდილის პროცესის

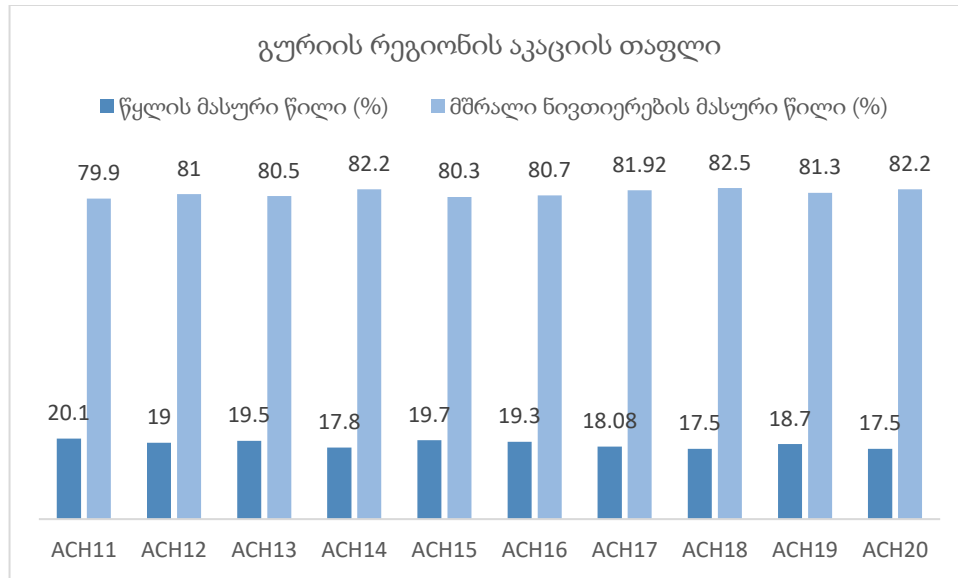
განვითარებისათვის, რაც იწვევს თაფლის ხარისხის გაუარესებას. წყლის მასური წილი ყველა თაფლისათვის უნდა იყოს არაუმეტეს 20% [73,74].

საანალიზოდ აღებული აკაციის თაფლის ნიმუშები მოყვითალო-ქარვისფერია, ხასიათდება აკაციის ყვავილისათვის დამახასიათებელი არომატით. ნიმუშებში წყლის მასური წილი, ევრორეგულაციისა და საქართველოში მოქმედი თაფლის შესახებ ტექნიკური რეგლამენტის თანახმად, ნორმის ფარგლებშია (არაუმეტეს 20%-სა), კერძოდ, 16,9-დან 20%-მდე (დიაგრამა 6; 7; 8). მხოლოდ გამონაკლისს წარმოადგენს ACH8 (ხარაგაულის), ACH11 (ლანჩხუთის) და ACH23 (ქედის) ნიმუში, სადაც მაჩვენებელი 21,1%-ია. შედარებით დაბალი მაჩვენებელი, 15,8% დაფიქსირდა სამტრედიის მუნიციპალიტეტში აღებულ ნიმუშში (დიაგრამა 6).

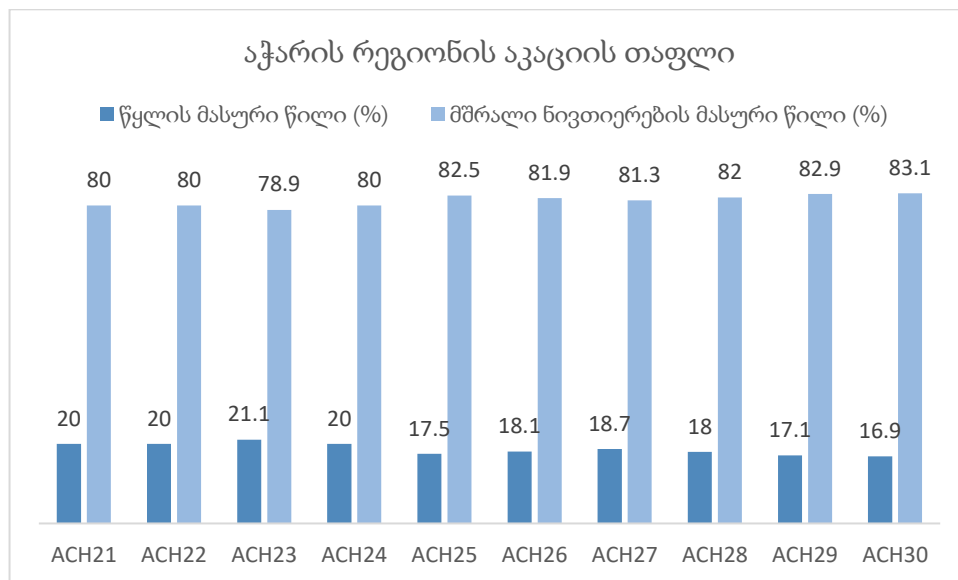
სამივე რეგიონიდან აღებულ ნიმუშებში წყლის საშუალო მაჩვენებელი ფაქტობრივად მსგავსია, იმერეთის რეგიონი 18.83 %, გურიის რეგიონი 18.75 % და აჭარის რეგიონი 18.74%. აკაციის თაფლში ხსნადი ნივთიერებების საერთო შემცველობა 78,9 – 84,2 %-ის ფარგლებშია.



დიაგრამა 6. იმერეთის რეგიონის აკაციის თაფლის წყლისა და მშრალი ნივთიერების შემცველობა



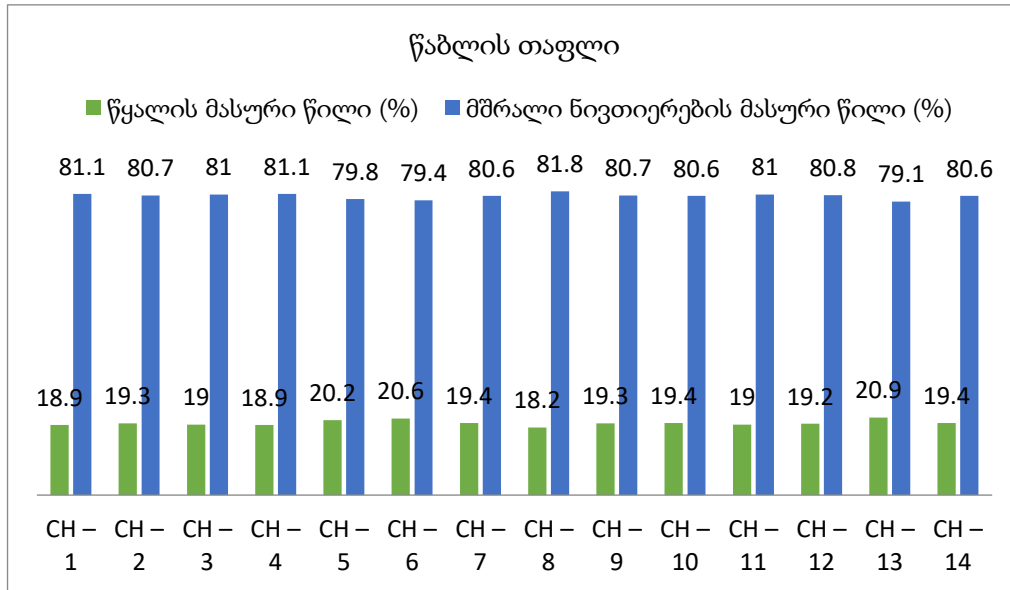
დიაგრამა 7. გურიის რეგიონის აკაციის თაფლის წყლისა და მშრალი ნივთიერების შემცველობა



დიაგრამა 8. აჭარის რეგიონის აკაციის თაფლის წყლისა და მშრალი ნივთიერების შემცველობა

საანალიზოდ აღებული წაბლის თაფლის 14-ვე ნიმუში მუქი ფერისაა, აქვს მომწარო-მოტკბო გემო, სუსტი არომატი და ძალიან სპეციფიკური, წაბლის ყვავილისათვის დამახასიათებელი სუნი. წყლის შემცველობა წაბლის თაფლის ნიმუშებში იყო 17,8-დან 20,0 %-მდე (დიაგრამა 9.). ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი

ქობულეთში (ჩაქვში) მოპოვებულ თაფლში იყო, რაც რეგიონის მაღალი ფარდობითი ტენიანობით შეიძლება იყოს განპირობებული. შესაბამისად, წაბლის თაფლში შაქრის საერთო შემცველობა შეადგენს 80,0-82,3%-ს (საშუალო მაჩვენებელი 81,15%), რაც ასევე შეესაბამება რეგლამენტის მოთხოვნებს.

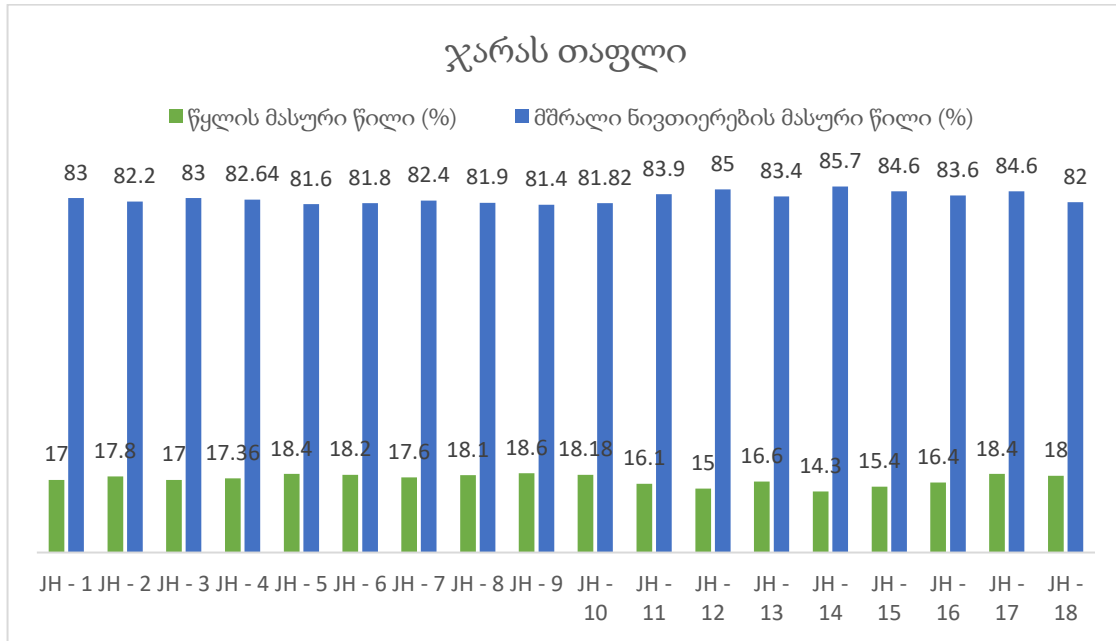


დიაგრამა 9. წაბლის თაფლის ნიმუშებში წყლისა და მშრალი ნივთიერების შემცველობა

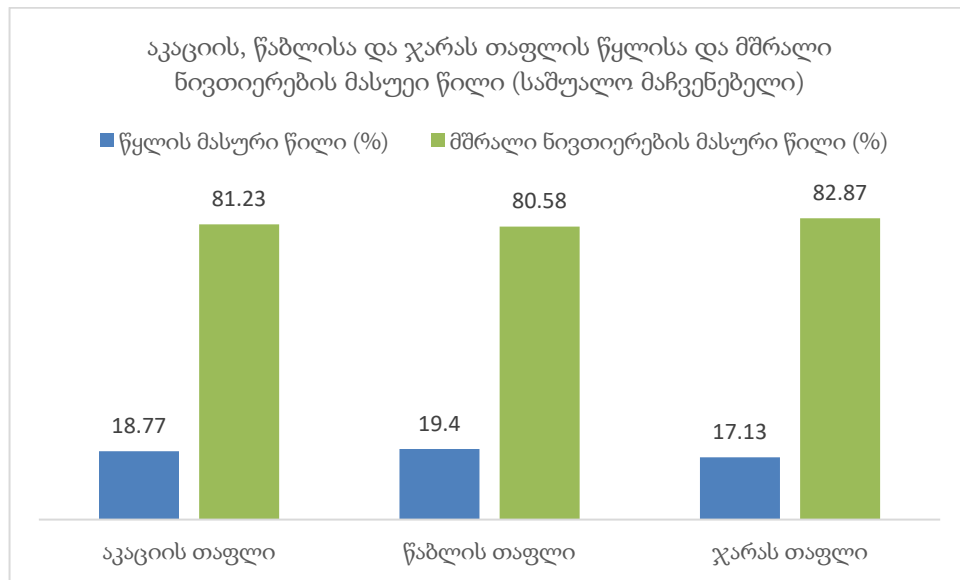
ჯარას თაფლი წელიწადში ერთხელ, ჩვეულებრივ, იხილება შემოდგომის დასაწყისში, როდესაც ყვავილობის სეზონი დასრულდება. იქიდან გამომდინარე, რომ იგი შეიცავს მრავალი მცენარისა და ყვავილის თაფლს, ჯარას თაფლი შეიძლება განსხვავდებოდეს ფერით, გემოთი და არომატით. წყლის მასური წილი ჯარას თაფლში მერყეობდა 14.3-დან 18.6%-მდე (დიაგრამა 10). მშრალი ნივთიერების მაღალი მნიშვნელობით (85-86%) გამოირჩევა მე-14, მე-15 და მე-17 ნიმუში.

აჭარის რეგიონიდან აღებული აკაციის თაფლის ნიმუშებში წყლის შემცველობის საშუალო მაჩვენებელმა 18,77% შეადგინა, ხოლო ხსნადი ნივთიერებების საერთო შემცველობა 81,23%. ჯარას თაფლის ნიმუშებში წყლის შემცველობა 14,3%-დან 18,6%-მდე დიაპაზონში მერყეობს, შესაბამისად, ხსნადი ნივთიერებების მასური წილი 81,4%-დან - 85%-მდეა. ე.ი. ჯარას თაფლში წყლის შემცველობის საშუალო მაჩვენებელი 17,13%-ია, ხოლო ხსნადი ნივთიერებისა - 82,87%. წაბლის თაფლის

ნიმუშებში წყლის შემცველობა 18,2 - 20,9 % ფარგლებშია, საშუალო მაჩვენებელი კი 19,40 %-ია. შესაბამისად, ხსნადი ნივთიერებების მასური წილი 79,1-81,8 %, ხოლო საშუალო მაჩვენებელი 80,58 %-ია.



დიაგრამა10. ჯარას თაფლის ნიმუშებში წყლისა და მშრალი ნივთიერების შემცველობა

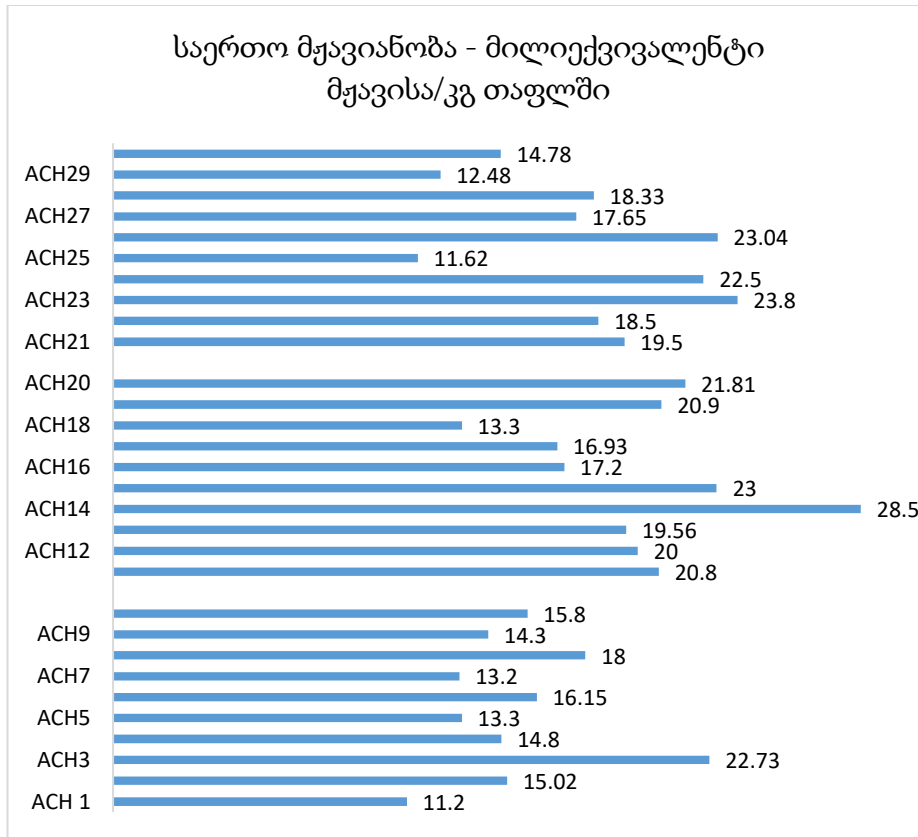


დიაგრამა11. აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლის ნიმუშებში წყლისა და მშრალი ნივთიერების შემცველობა

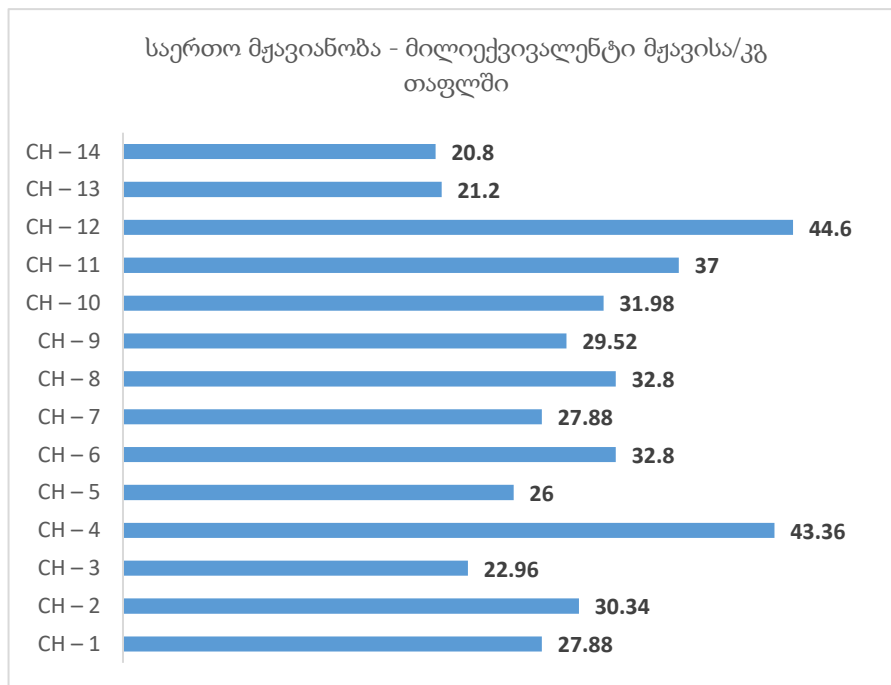
დასავლეთ საქართველოში მოწეულ თაფლის ნიმუშებში წყლის შემცველობა 20%-ზე ნაკლებია, კერძოდ, ყველაზე დაბალი მაჩვენებლით ჯარას თაფლის ნიმუშები გამოირჩევა - 17,13 %, მას მოსდევს აკაციის თაფლი - 18,77% და წაბლის თაფლი 19,40 % (დიაგრამა11),რაც სტანდარტით (თაფლის საერთაშორისო კომისია) დადგენილ ნორმაშია. წყლის დაბალი შემცველობა უზრუნველყოფს თაფლის სტაბილურობასა და მდგრადობას ფერმენტული პროცესების მიმართ.

თავისუფალი მჟავების შემცველობა მნიშვნელოვანი მარკერია თაფლის სიმწიფის განსაზღვრისას. ასევე, ასახავს თაფლის შენახვის პერიოდში მიმდინარე ცვლილებებს [145,153]. მისი მნიშვნელობა დაკავშირებულია თაფლში არსებულ ორგანულ მჟავებთან, რომლებიც წონასწორულ თანაფარდობაშია თაფლში არსებულ ესთერებთან, ლაქტონებთან და ზოგიერთ იონთან, როგორებიცაა: ფოსფატები, სულფატები და ქლორიდები. მჟავიანობის მომატებული მაჩვენებელი ასევე შეიძლება აჩვენებდეს იმ ფაქტს, რომ რაღაც ეტაპზე თაფლში მიმდინარეობდა დუდილის პროცესი და წარმოქმნილი სპირტი გარდაიქმნა ორგანულ მჟავად [29,100,128].

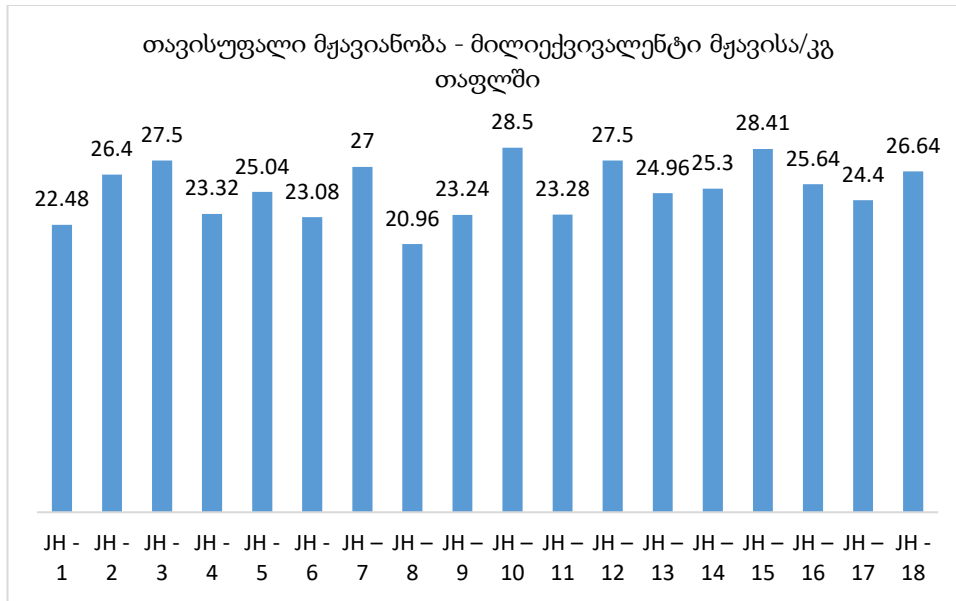
თაფლში მჟავიანობა შედარებით დაბალია, მაგრამ მნიშვნელოვანია თაფლის გემოს ფორმირებისათვის. თაფლის მჟავიანობა გამოიხატება მილიექვივალენტებში კგ-ზე [72]. საანალიზოდ წარმოდგენილ ნიმუშებში მჟავიანობა 50 ერთეულზე ნაკლებია, კერძოდ, იმერეთის აკაციის თაფლის ნიმუშებში საშუალო მაჩვენებელი 15,45 მლექვივ/კგ, აჭარის ნიმუშებში 18,22 მილიექვივალენტი მჟავისა/კგ თაფლში და შედარებით მაღალია გურიის ნიმუშებში 20,2 მილიექვივალენტი მჟავისა/კგ თაფლში წაბლის თაფლში კი 20,8-44,6 მილიექვივალენტი მჟავისა/კგ დიაპაზონშია (დიაგრამა12). ჯარას თაფლის საერთო მჟავიანობის ანალიზის შედეგები ნაჩვენებია მე-5 ცხრილში. კერძოდ, საერთო მჟავიანობის მაჩვენებელი მერყეობდა 20,96-დან 28,5 მექვივალენტი მჟავისა /კგ-მდე, ხოლო აკაციის თაფლში შემცველობა 11,2-28,5 მილიექვივალენტი მჟავისა/კგ-ის ფარგლებშია (დიაგრამა 13).



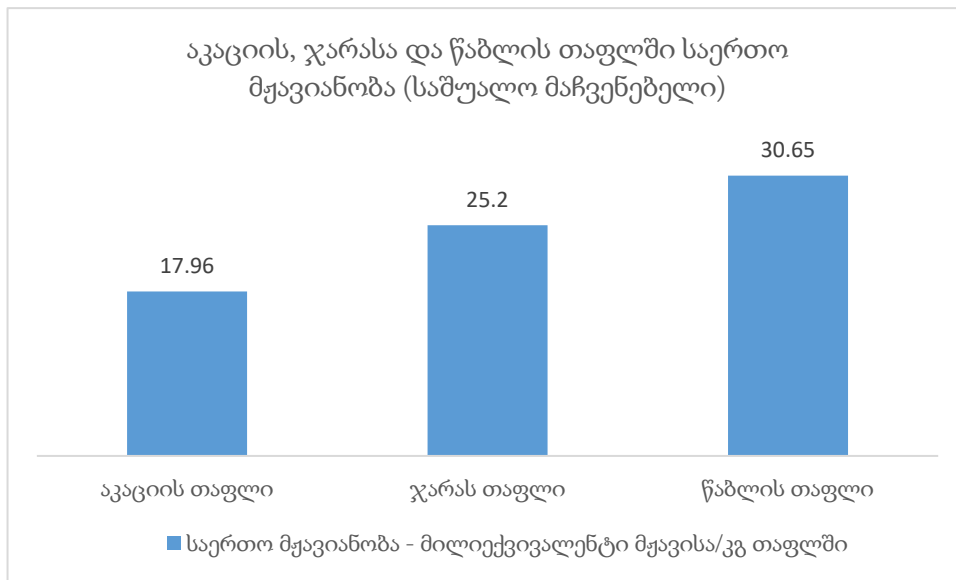
დიაგრამა12. აკაციის თაფლის ნიმუშების საერთო მჟავიანობა



დიაგრამა13. წაბლის თაფლის ნიმუშების საერთო მჟავიანობა



დიაგრამა14. ჯარას თაფლის ნიმუშების საერთო მჟავიანობა



დიაგრამა15. აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლის ნიმუშების საერთო მჟავიანობის საშუალო მაჩვენებელი

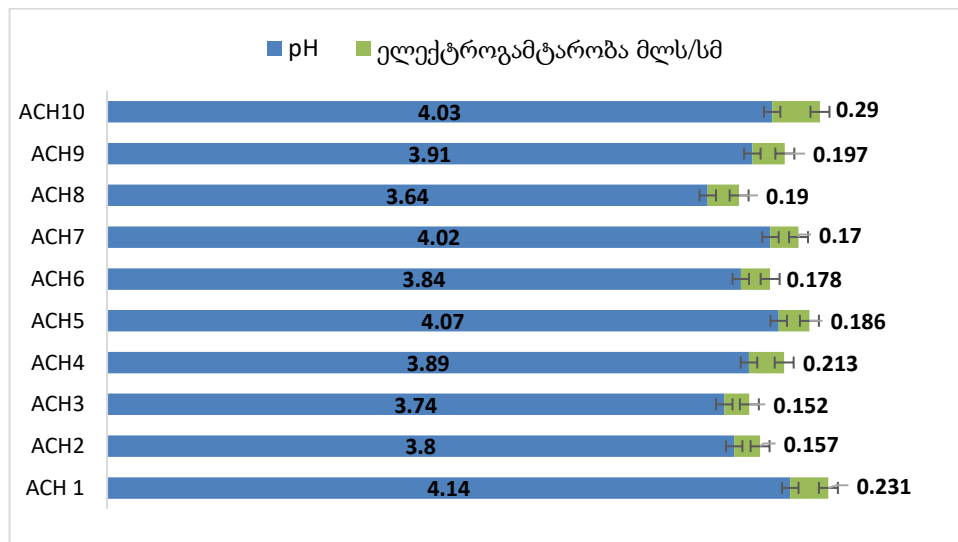
მიღებული შედეგების საშუალო მაჩვენებლების შეჯერებით, საერთო მჟავიანობა შედარებით დაბალია აკაციის თაფლში - 17,96, შემდეგ მაჩვენებელი იმატებს ჯარას თაფლში 25,2 და შედარებით მაღალია წაბლის ნიმუშებში 30,65 ერთეული(დიაგრამა 15).

pH არის თაფლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი [48], რადგან იგი გავლენას ახდენს თაფლის ტექსტურაზე, სტაბილურობასა და შენახვის ვადაზე [19,59].

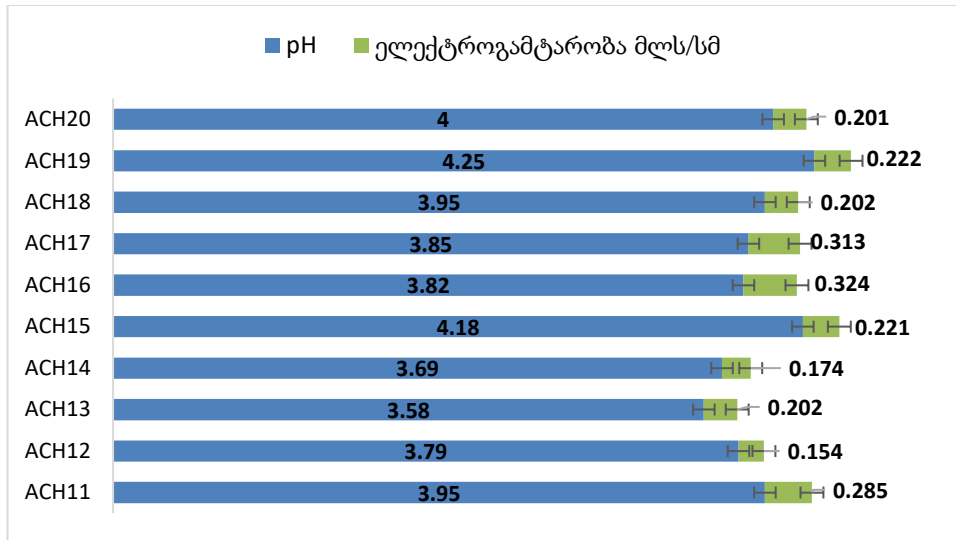
კერძოდ, ხელს უშლის მიკრობიოლოგიური პროცესების განვითარებას [39]. თავლში pH მნიშვნელობა Codex Alimentarius Commission-ის მიერ არ არის განსაზღვრული [153]. მისი მაჩვენებელი, ძირითადად, 3,2-დან 4,5-მდეა. მისი მნიშვნელობა ბევრ ფაქტორზეა დამოკიდებული, მათ შორის, ნექტრისა და ნიადაგის pH-იც [115].

საანალიზოდ წარმოდგენილი აკაციის თავლის ნიმუშებში pH-ის მაჩვენებელი თითქმის მსგავსია. კერძოდ, იმერეთის აკაციის თავლში 3,64-4,14, გურიის ნიმუშებში 3,58-4,25 და აჭარის ნიმუშებში 3,61-4,08 (დიაგრამა 16). წაბლის თავლის ნიმუშებში pH - 4,5-დან 4,97-მდე (დიაგრამა 17), ჯარას ნიმუშებში კი pH - 4,23-დან - 5,63-მდეა (დიაგრამა 18), რაც სტანდარტთან შესაბამისობაშია (pH 3.40–6.10) [194].

თავლში ელექტროგამტარობის მაჩვენებელი მჭიდროდ არის დაკავშირებული თავლის ბოტანიკურ წარმოშობასთან, ასევე მჟავიანობისა და მინერალების მაჩვენებელთან. თავლის შესახებ რეგლამენტის შესაბამისად ყვავილოვანი თავლისათვის მისი მაჩვენებელი $\leq 0,800$ მლს/სმ მაშინ, როცა წაბლის თავლისათვის მისი მნიშვნელობა $> 0,800$ მლს/სმ-ზე მეტია [67,116,134,189]. შესაბამისად, ელექტროგამტარობის ინდექსი, ყველა სხვა პარამეტრთან ერთად, არის მთავარი მარკერი თავლის ბოტანიკური წარმოშობის დასადასტურებლად [67,110].

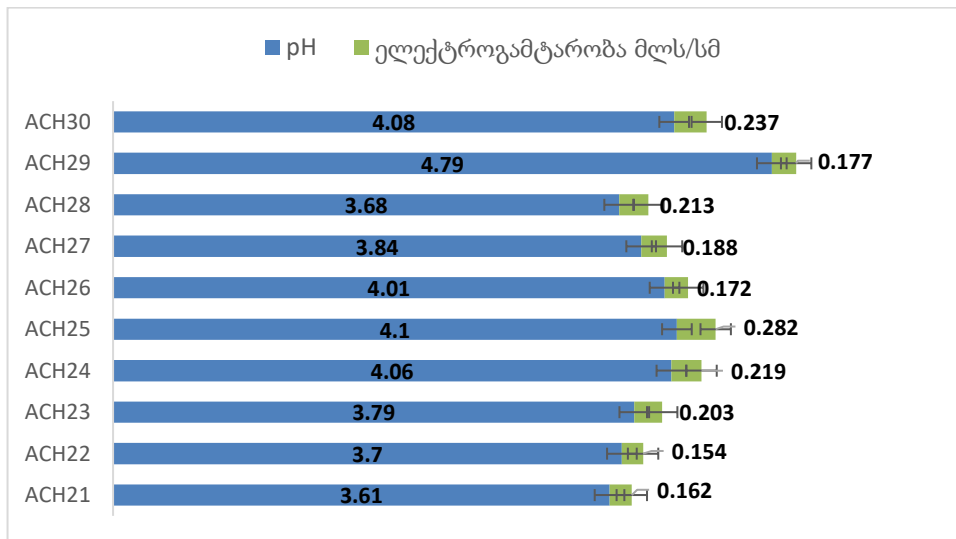


დიაგრამა 16. იმერეთის რეგიონის აკაციის თავლში pH და ელექტროგამტარობა

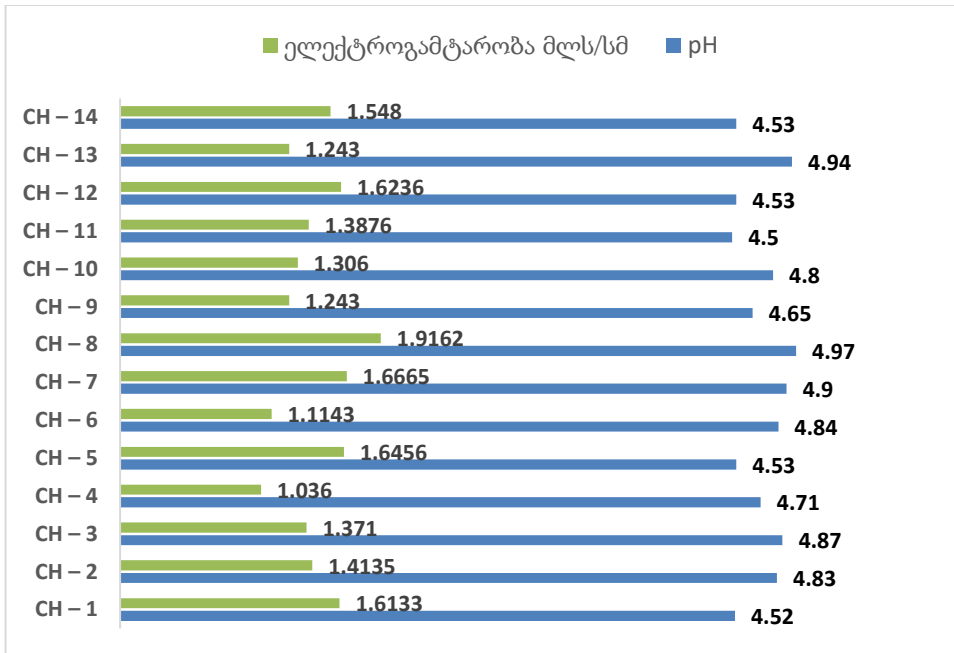


დიაგრამა 17. გურიის რეგიონის აკაციის თაფლში pH და ელექტროგამტარობა

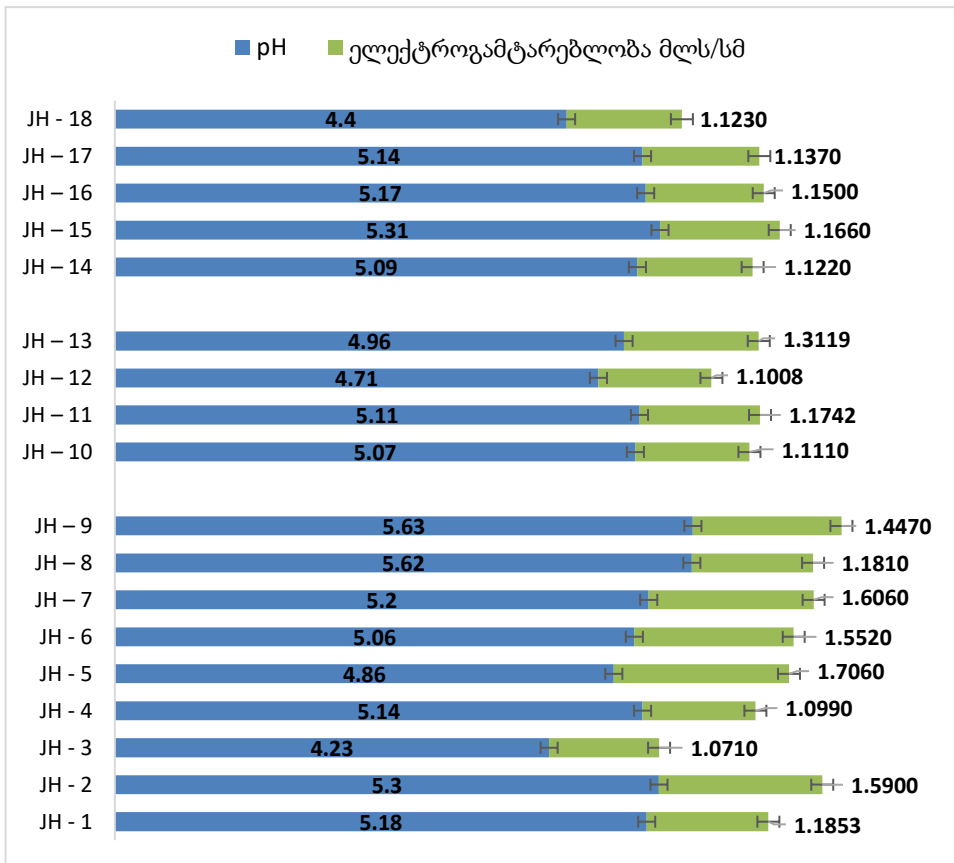
აკაციის თაფლის ნიმუშებში ელექტროგამტარობის მაჩვენებლის ზღვარი მსგავსია. კერძოდ, მინიმალური მნიშვნელობა დაფიქსირდა 0,152 მლს/სმ (საშუალო მაჩვენებელი) იმერეთის, 0,154 მლს/სმ (საშუალო მაჩვენებელი) გურიისა და აჭარის რეგიონის ნიმუშებისათვის. მაქსიმალური მაჩვენებელი 0,29 მლს/სმ (საშუალო მაჩვენებელი) იმერეთის, 0,285 მლს/სმ (საშუალო მაჩვენებელი) გურიისა და 0,282 მლს/სმ (საშუალო მაჩვენებელი) აჭარის თაფლებისათვის(დიაგრამა 16,17,18).



დიაგრამა 18. აჭარის რეგიონის აკაციის თაფლში pH და ელექტროგამტარობა

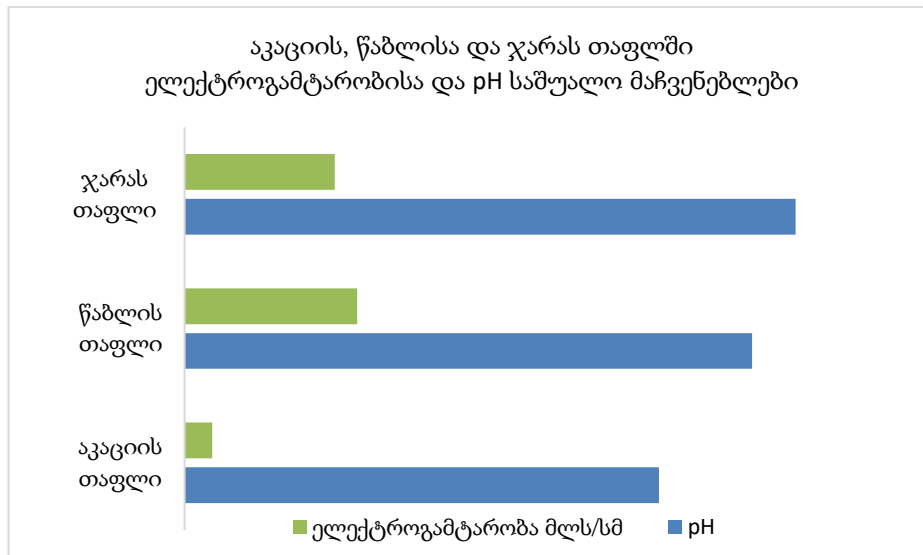


დიაგრამა 19. წაბლის თაფლში pH და ელექტროგამტარობა



დიაგრამა 20. ჯარას თაფლში pH და ელექტროგამტარობა

ელექტროგამტარობის მნიშვნელობები საანალიზოდ აღებულ წაბლის თაფლში იცვლებოდა 1,036-დან - 1,9162 მლს/სმ-მდე (დიაგრამა 19), რაც შეეხება ჯარას თაფლის ნიმუშებს, ის 1.071-დან 1.706 მლს/სმ-მდეა (დიაგრამა 20).

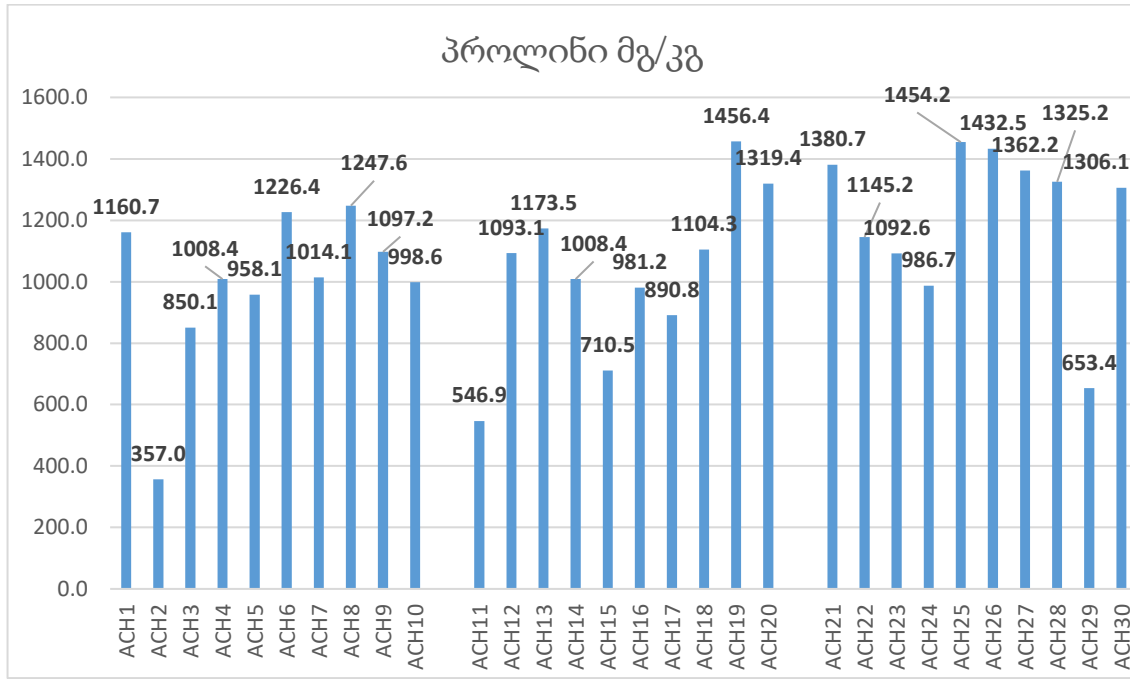


დიაგრამა 21. აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლში pH და ელექტროგამტარობა

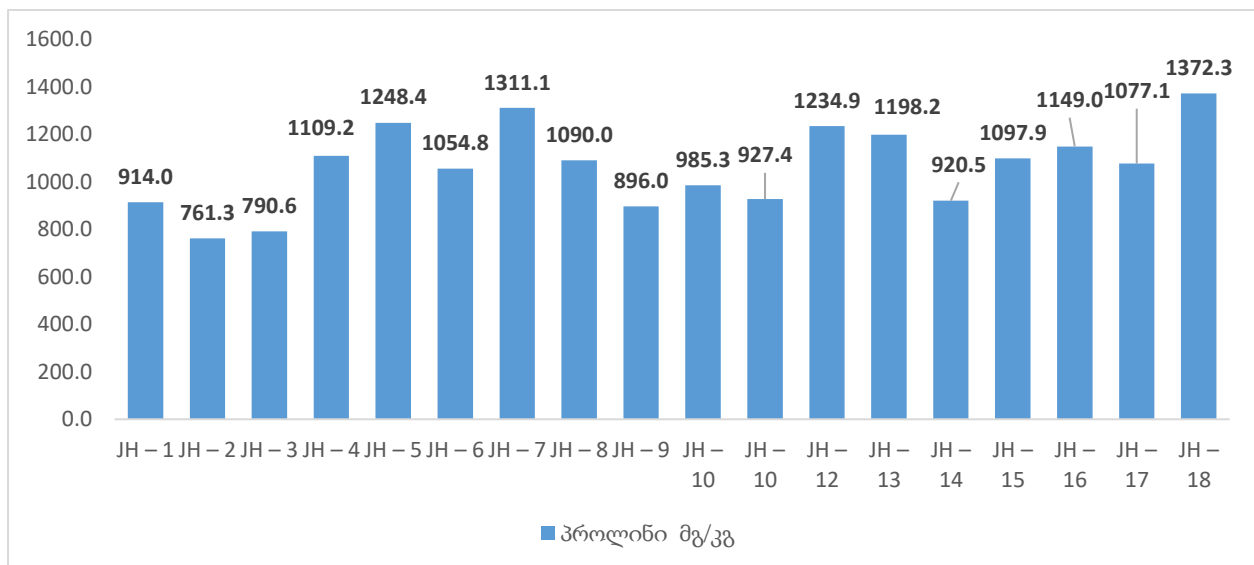
ელექტროგამტარობის საშუალო მაჩვენებლებით ჯარასა და წაბლის თაფლის ნიმუშები თითქმის მსგავსია, შესაბამისად, 1,2441 და 1.43 მილისიმენსი/სმ, მაგრამ მეტად მცირეა აკაციის თაფლში - 0,2293, რაც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი განმასხვავებელი მარკერია სხვა თაფლებთან მიმართებით (დიაგრამა21).

თაფლის ამინომჟავური შემადგენლობა მთლიანად არის დამოკიდებული თაფლის ბოტანიკურ წარმოშობაზე [59] და ამიტომ მისი ხარისხობრივი და რაოდენობრივი შემცველობა წარმატებით გამოიყენება, როგორც თაფლის ნატურალობისა და ხარისხის მაჩვენებელი. თაფლში ამინომჟავების მასური წილი დაახლოებით 1%-ია. მის შემადგენლობაში შედის გლუტამინის მჟავა, ასპარაგინის მჟავა, გლიცინი, ტრეონინი, ჰისტიდინი, გლუტამინი, პროლინი და სხვა, მაგრამ მათ შორის უფრო მეტია პროლინი, რომელიც ძირითადად წარმოიქმნება ფუტკრის მიერ ნექტრის დამუშავებისას. მისი შემცველობა დამოკიდებულია ფუტკრის მიერ ნექტრის დამუშავების დროზე და, შესაბამისად, თაფლის წარმოშობაზე. იგი შეადგენს

ამინომჟავების მთლიანი მასის დაახლოებით 50-85%-ს და მისი კონცენტრაცია სხვადასხვა თაფლში განსხვავებულია [46]. რეგულაცია განსაზღვრავს პროლონის შემცველობას თაფლში და ის არ უნდა იყოს 180 მგ/კგ-ზე ნაკლები [66].



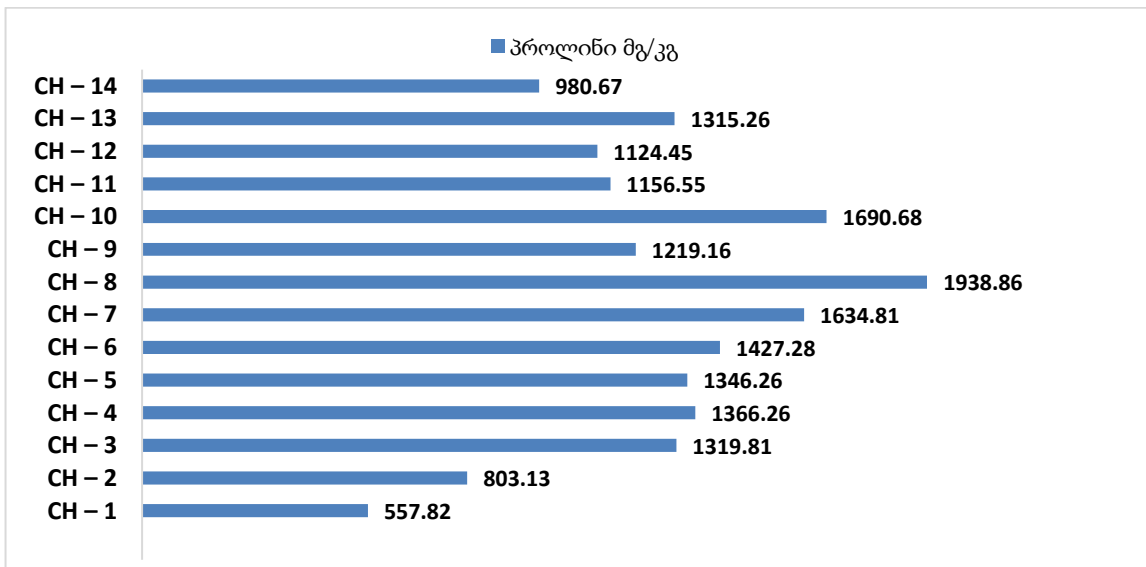
დიაგრამა 22 . აკაციის თაფლში პროლონის შემცველობა



დიაგრამა 23. ჯარას თაფლის ნიმუშებში პროლონის შემცველობა

მიღებული შედეგების შეჯერებით აკაციის თაფლის ნიმუშებში პროლინის შემცველობა 357-დან 1247 -მდე მგ/კგ იმერეთის ნიმუშებში (საშუალო მაჩვენებელი 991,8 მგ/კგ), გურიის თაფლში 546-დან 1456-მდე მგ/კგ (საშუალო მაჩვენებელი 1028,43 მგ/კგ) და აჭარის თაფლში 653-დან 1380-მდე მგ/კგ (საშუალო მაჩვენებელი 1213,88 მგ/კგ). საშუალო მაჩვენებლის მიხედვით, პროლინის შემცველობა შედარებით დაბალია იმერეთის რეგიონში, მას მოსდევს გურიისა და აჭარის რეგიონები (დიაგრამა 22).

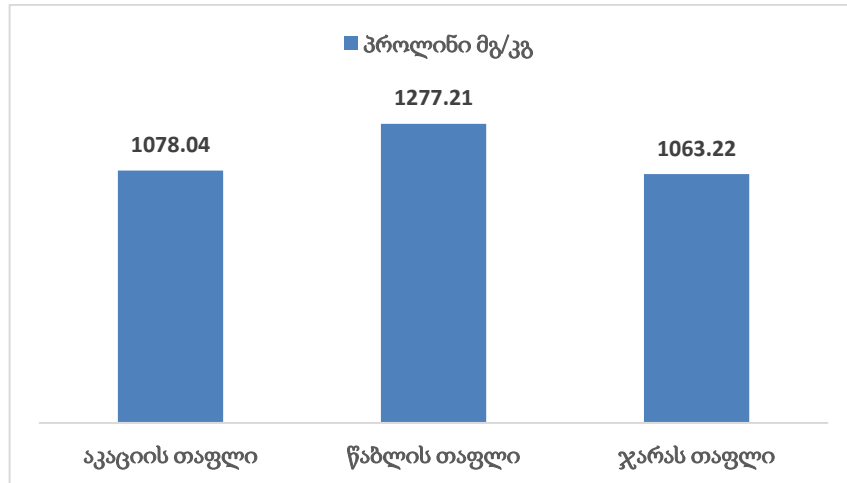
ჯარას თაფლის ნიმუშებში პროლინის შემცველობა მერყეობდა 761,28-დან 1372,29 მგ/კგ-მდე (დიაგრამა 23). პროლინის ყველაზე დაბალი კონცენტრაცია - JH-2 (761,28 მგ/კგ) და JH-3 (790,62 მგ/კგ) - დაფიქსირდა ქედის თაფლის ნიმუშებში. ხოლო ყველაზე მაღალი რაოდენობა დაფიქსირდა ხუთ ნიმუშში, JH - 5 (12498.39 მგ/კგ) და JH - 7 (1311,06 მგ/კგ), JH - 12 (1234.9 მგ/კგ), JH - 13 (1208.16 მგ/კგ) და JH - 18 (1372.29 მგ/კგ) (დიაგრამა 23).



დიაგრამა 24. წაბლის თაფლის ნიმუშებში პროლინის შემცველობა

წაბლის თაფლში პროლინის შემცველობა 557,82 მგ/კგ-დან 1938,86 მგ/კგ-მდეა. შედარებით დაბალი მაჩვენებელია გურიის, ასკანის ნიმუშში - 557,82 მგ/კგ, 803,13 მგ/კგ ქედა, ოტოლაძეების თაფლში და 980,67 მგ/კგ წყალტუბოს (ნამახვანი) ნიმუშში. 1300 ერთეულის ფარგლებშია იმერეთის (ბაღდათი, ზეგანი), ქობულეთისა (CH5) და ქედის

რამდენიმე ნიმუშში (CH3 და CH4). წარმოდგენილ ნიმუშებს შორის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა ქედის, სოფელ ჯალაბაშვილების თაფლში - 1938,86 მგ/კგ (დიაგრამა 24).



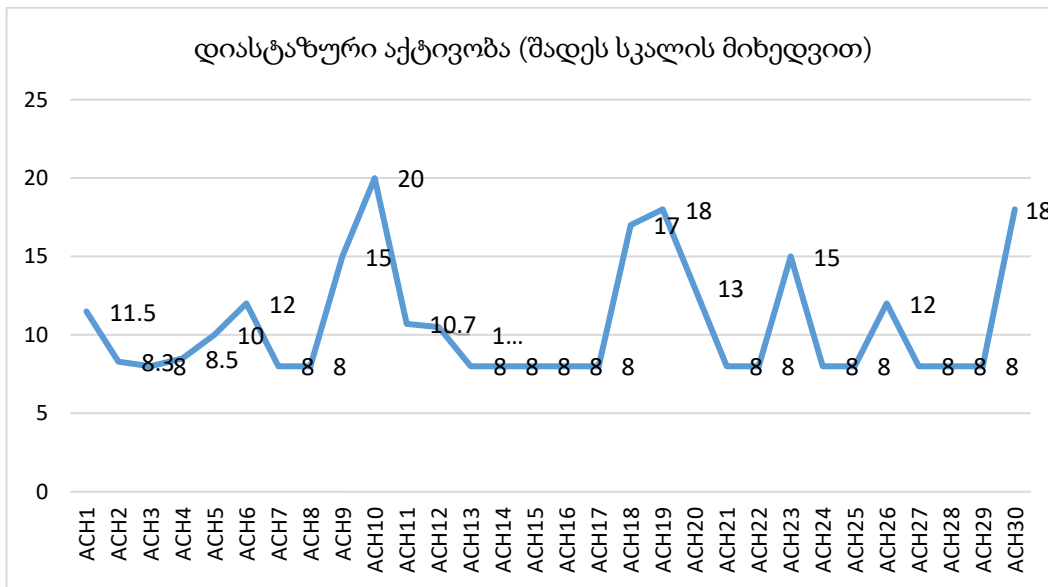
დიაგრამა 25. აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლის ნიმუშებში პროლინის საშუალო შემცველობა

№22, №23, №24 და №25 დიაგრამა გვიჩვენებს, რომ ჯარას თაფლის ყველა ნიმუშში პროლინის შემცველობა საკმაოდ მაღალი იყო, წაბლის თაფლის ნიმუშებში პროლინის კონცენტრაცია 557,82-დან - 1938,86 მგ/კგ-მდეა, ხოლო აკაციის თაფლში 357 – 1556,1 მგ/კგ. წარმოდგენილ ნიმუშებს შორის პროლინის ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა აკაციის თაფლში 357 მგ/კგ და ყველაზე მაღალი – წაბლის თაფლში 1938,86 მგ/კგ. საშუალო მაჩვენებლის მიხედვით, აკაციისა და ჯარას თაფლის ნიმუშებში პროლინის შემცველობა თითქმის თანაბარია (1078,04 მგ/კგ და 1063,22 მგ/კგ), შედარებით მეტია 1277,21 მგ/კგ წაბლის თაფლში (დიაგრამა 25).

დასტაზური აქტივობა არის თაფლის ხარისხის ერთ-ერთი განმსაზღვრელი ფაქტორი [77]. თაფლში გვხვდება გლუკოოქსიდაზები, α და β ამილაზები, α და β გლუკოზიდაზები, ასევე – პროტეაზა. თაფლი ერთმანეთისაგან განსხვავდება ფერმენტების შემადგენლობითა და რაოდენობით, რადგან მათი შემცველობა მთლიანად დამოკიდებულია როგორც ნექტრის შეგროვების პერიოდზე, ასევე

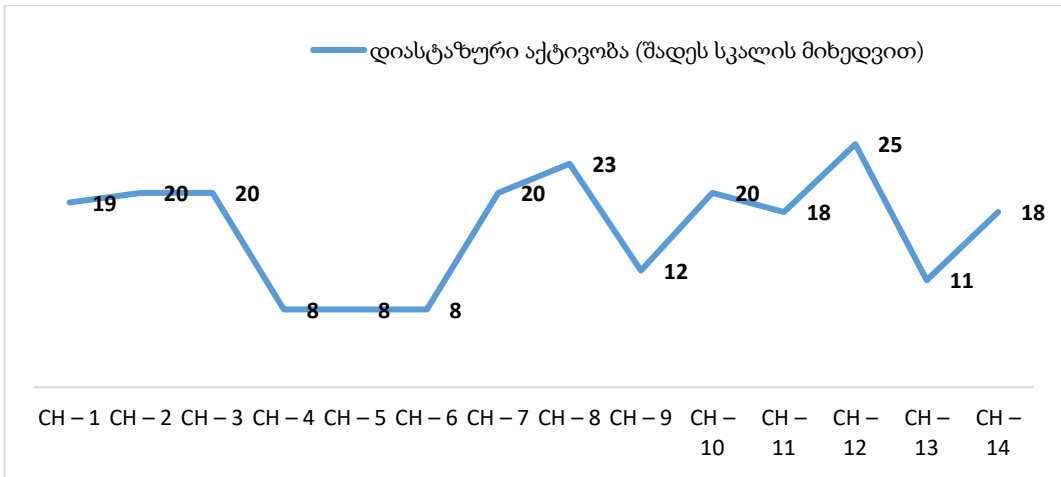
ფუტკრის კოლონიის ფიზიოლოგიურ ასაკსა და ნიმუშის შენახვის პირობებზე. α და β ამილაზები ანუ დიასტაზები - ეს ის ფერმენტებია, რომლებიც შედარებით დიდი რაოდენობით გვხვდება თაფლში და მათი შემცველობა დამოკიდებულია ბოტანიკურ და გეოგრაფიულ წარმომავლობაზე. [77]. დიასტაზა სახამებელს შლის მალტოზად [66,108,194]. დიასტაზური (ამილოლიზური) აქტივობა იზომება შადეს სკალის მიხედვით და ყველა სახის თაფლისათვის უნდა იყოს არანაკლებ 8 ერთეულისა.

ანალიზის შედეგად აკაციის თაფლის 30 ნიმუშიდან 15 ნიმუშში (ACH 3, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29) მისი მაჩვენებელი 8-ზე ნაკლებია. დიასტაზური აქტივობის ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი დაფიქსირდა გურიის რეგიონის მეთე ნიმუშში - 20, აჭარის ოცდამესამე - 15, ოცდამეექვსე - 12 და ოცდამეთე ნიმუშში - 18 ერთეული. დიასტაზური აქტივობის 8 ერთეულზე მეტი მაჩვენებლის გამოკლებით დანარჩენ 15 ნიმუშში მაჩვენებელი განისაზღვრა 13,3 ერთეულით (საშუალო მაჩვენებელი) (დიაგრამა 26).

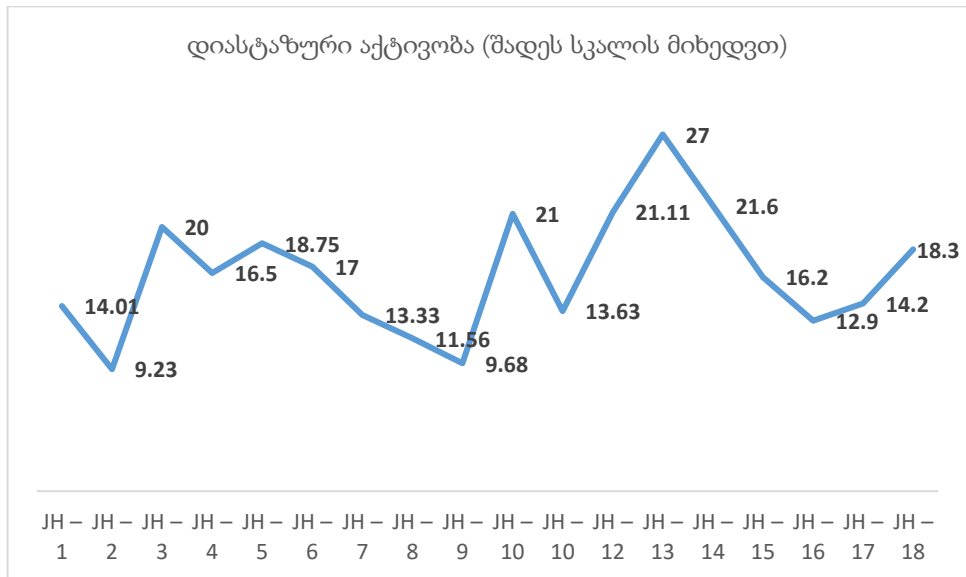


დიაგრამა 26. აკაციის თაფლში დიასტაზური აქტივობა

წაბლის თაფლის 14 ნიმუშიდან მხოლოდ 3 თაფლში დაფიქსირდა 8 ერთეული, ეს გახლავთ ქედის რაიონის 2 სოფლის, ხარაულასა და დანდალოს, ნიმუში, ასევეა ქობულეთის ნიმუშში. ყველა დანარჩენ შემთხვევაში ის 8-ზე მეტია (11-დან 25-მდე) (დიაგრამა 27).

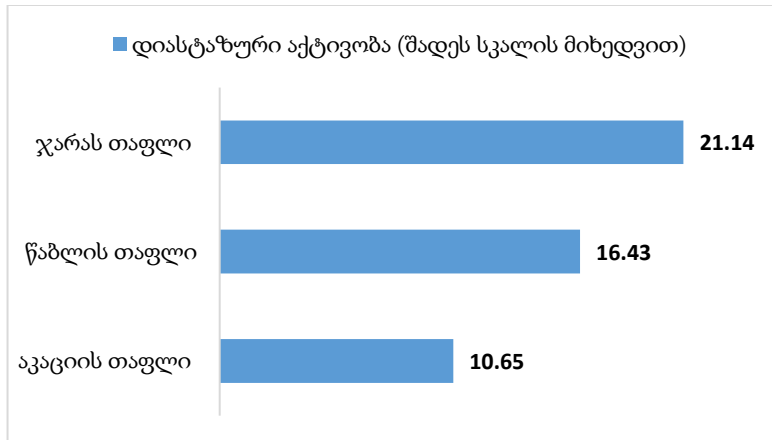


დიაგრამა 27. წაბლის თაფლში დიასტაზური აქტივობა



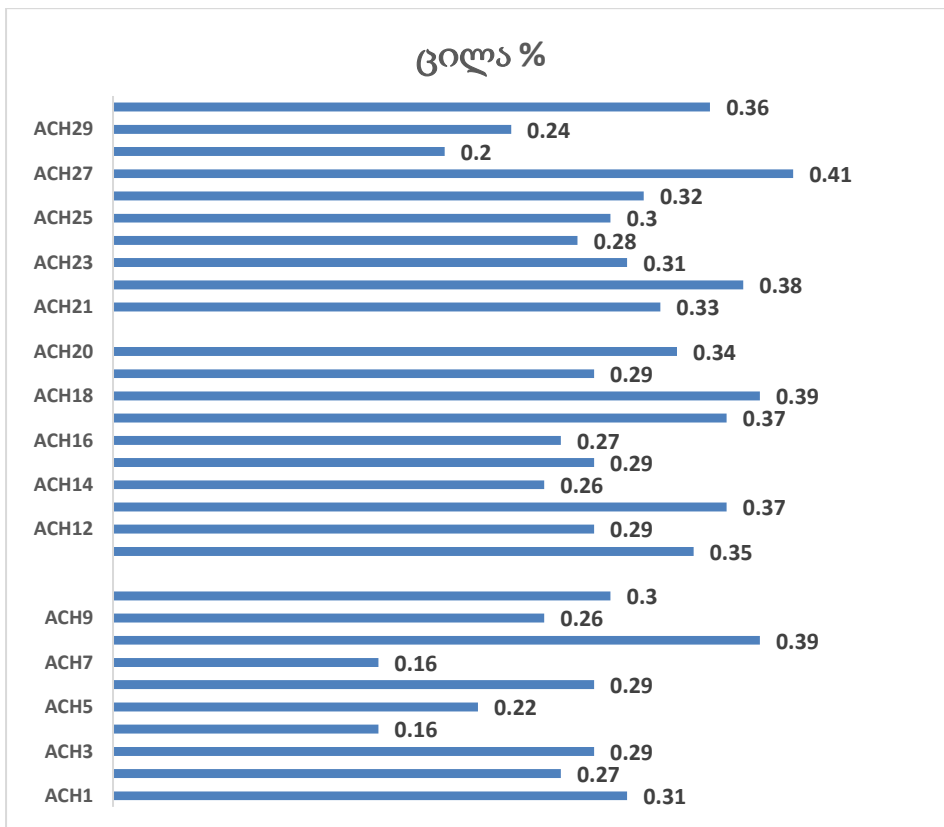
დიაგრამა 28. ჯარას თაფლში დიასტაზური აქტივობა

ჯარას თაფლში დიასტაზური აქტივობის მაჩვენებელი 9-დან 27-მდეა, განსაკუთრებით აღსანიშნავია, შუახევის თაფლის ნიმუშები, რომლებშიც გაცილებით მაღალია აქტივობის მაჩვენებელი, შესაბამისად, ფერმენტების კონცენტრაცია (დიაგრამა 28). ჯარას თაფლის ნიმუშებში ასეთი კანონზომიერება მართებულია, რადგანაც ტყეში თაფლოვან მცენარეთა არსენალია.



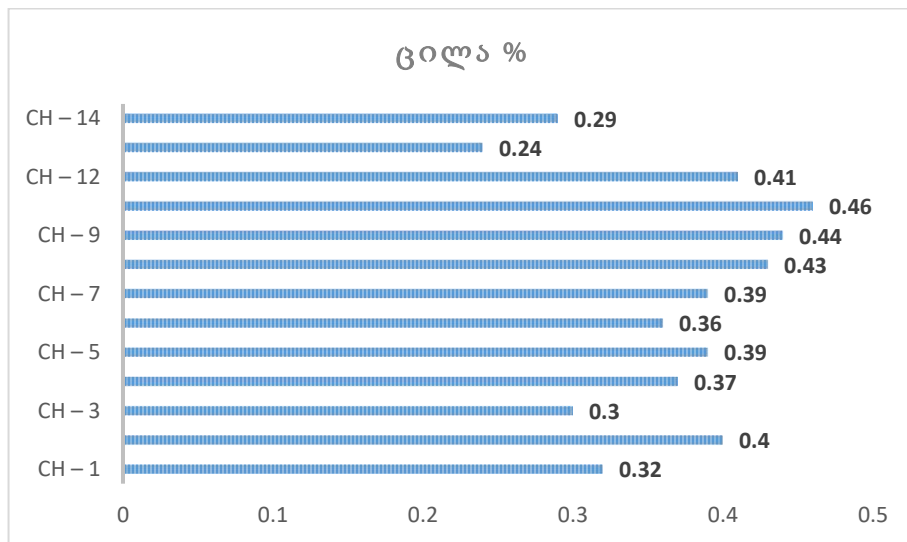
დიაგრამა 29. აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლში დიასტაზური აქტივობა

საანალიზოდ აღებულ თაფლის ნიმუშებში დიასტაზური აქტივობა გაცილებით მაღალია, ვიდრე 8 ერთეული, კერძოდ, აკაციის თაფლისათვის 8-დან 30-მდეა (საშუალო მაჩვენებელი: 11.91 ერთეულია), თითქმის მსგავსია წაბლისა და ჯარას თაფლის შემთხვევაში 8-დან 27-მდე (საშუალო მაჩვენებელი: 16.42 - 16.44) (დიაგრამა 29).

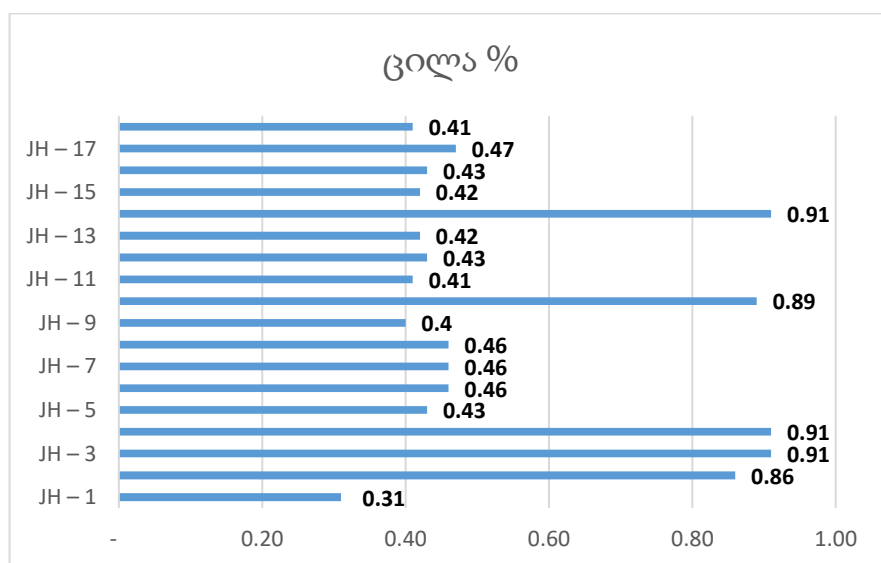


დიაგრამა 30. აკაციის თაფლის ნიმუშებში ცილის შემცველობა

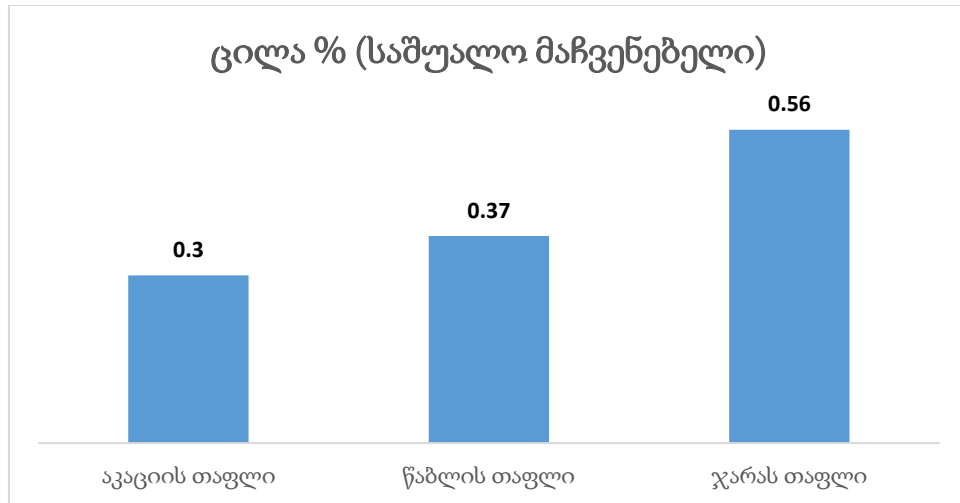
თაფლში ცილის კონცენტრაცია ძალიან მცირეა, იგი ძირითადად ფუტკრის მიერ ხვდება, შესაბამისად, მისი შემცველობა დამოკიდებულია ფუტკრის მიერ თაფლის გადამუშავების დროსა და ხარისხზე. მისი შემცველობა საანალიზოდ აღებული აკაციის თაფლის ნიმუშებში 0,16 – 0,39%-ის ფარგლებშია. შედარებით მაღალი მაჩვენებლით გამოირჩევა იმერეთის ერთი (აკაციის თაფლი 8) ნიმუში - 0,39%, გურიის 3 ნიმუში (აკაციის თაფლი 13 (0,37%), 17 (0,37%) და 18 (0,39%)) და აჭარის 1 ნიმუში (აკაციის თაფლი 8 (0,39%)) (დიაგრამა 30).



დიაგრამა 31. წაბლის თაფლის ნიმუშებში ცილის შემცველობა



დიაგრამა 32. ჯარას თაფლის ნიმუშებში ცილის შემცველობა



დიაგრამა 33. აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლის ნიმუშებში ცილის შემცველობა

**დასავლეთ საქართველოში მოწეული თაფლების ფიზიკურ-ქიმიური
მახასიათებლები**

ცხრილი №4

ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები	დასავლეთ საქართველოში მოწეული თაფლი		
	აკაციის თაფლი	წაბლის თაფლი	ჯარას თაფლი
წყლის შემცველობა %	18,77	19,4	17,13
მშრალი ნივთიერებების მასური წილი, გ/100 გ	81,23	80,58	82,87
საერთო მჟავიანობა მლიექვივალენტი მჟავისა/კგ თაფლში	17,0	30,65	25,2
ელექტროგამტარობა მლს/სმ	0,2293	1,430	1,2551
pH	3,93	4,7	5,06
პროლინი მგ/კგ	1078,04	1277,21	1063,22
ცილა %	0,3	0,37	0,56
დიასტაზური აქტივობა (შადეს სკალის მიხედვით)	10,65	16,43	21,14

წალის თაფლში ცილის შემცველობა თითქმის მსგავსია (0,24%-დან 0,46%-მდე), მკვეთრი სხვაობა ნიმუშებს შორის არ ფიქსირდება. შედარებით დაბალი მაჩვენებელია წაბლის თაფლის მე-13 ნიმუშში (ბაღდათი, ზეგანი)(დიაგრამა 31).

ჯარას თაფლის ნიმუშებში ცილის შემცველობა მერყეობდა 0,31-დან 0,91%-მდე (დიაგრამა 32). ცილის მაღალი კონცენტრაცია, თითქმის 1%-მდე, ფიქსირდება ქედისა 4 (JH2, JH3, JH4 JH და ხულოს 1 ნიმუშში (JH14).

მიღებული შედეგების შეჯერებით აკაციის თაფლში ცილის შემცველობის საშუალო მაჩვენებელი 0,3 %-ია, წაბლის თაფლის ნიმუშებში 0,37%, ხოლო ჯარას ნიმუშებში 0,56%-ია (დიაგრამა 33).

დასავლეთ საქართველოში მოწეული აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების საშუალო მაჩვენებლები მოცემულია №4 ცხრილის სახით. განსაზღვრული მახასიათებლების მნიშვნელობებით (სხვა ქრომატოგრაფიულ კვლევებთან ერთად) შევძლებთ, დავადასტუროთ დასავლეთ საქართველოში მოწეული თაფლის ნატურალობა და წარმოშობა.

2.5. დასავლეთ საქართველოში მოწეული თაფლის ნახშირწყლების კვლევა HPLC მეთოდით

ნახშირწყლები თაფლის მეტად მნიშვნელოვანი კომპონენტია და ძირითადად წარმოდგენილია მონო და დისაქარიდების სახით. თაფლში ნახშირწყლების ხარისხობრივ და რაოდენობრივ შემცველობას, უპირველეს ყოვლისა, მისი ბოტანიკური და გეოგრაფიული წარმოშობა განაპირობებს. თუმცა, ნახშირწყლების რაოდენობას ასევე განსაზღვრავს ისეთი ფაქტორები, როგორებიცაა ამინდი, თაფლის დამუშავების მეთოდები და შენახვის პირობები [43,57,115].

თაფლში ნახშირწყლების იდენტიფიკაცია განხორციელდა მაღალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფიის მეთოდით, HPLC-Waters Breeze RI Detector 2414 ხელსაწყოს გამოყენებით. სვეტი - Carbohydrate, სვეტის ტემპერატურა 40°C მობილურ ფაზა 80 %-იანი აცეტონიტრილი (Merck; Sigma-Aldrich), დეტექტირება RI.

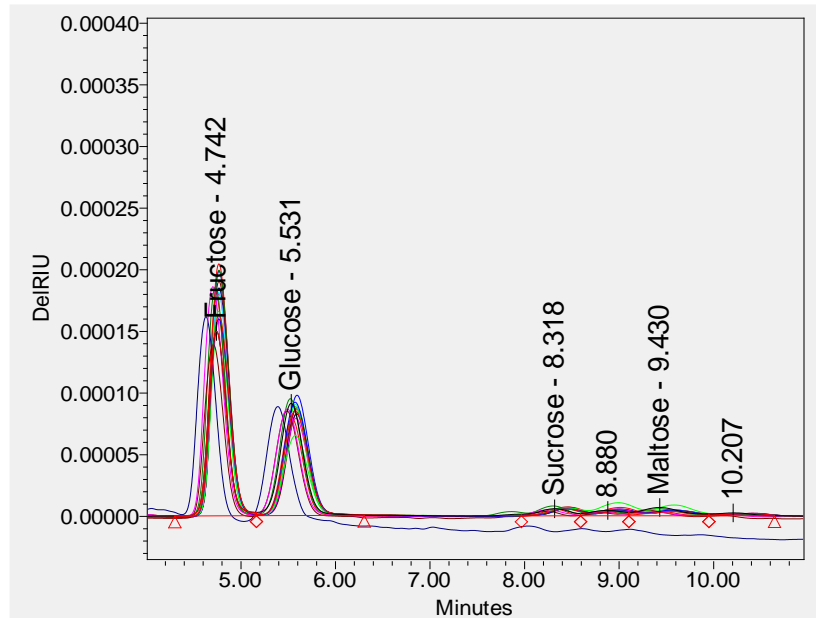
ცალკეული ნაერთების იდენტიფიკაციისა და რაოდენობრივი ანალიზისათვის გამოყენებულ იქნა ჩვენს ხელთ არსებული სტანდარტული ნაერთები: გლუკოზა, ფრუქტოზა, მალტოზა და საქაროზა. პიკების იდენტიფიცირება განხორციელდა მათი შეკავების დროის მიხედვით, ხოლო მიღებული შედეგების გადაანგარიშება – სტანდარტული ნაერთების საკალიბრო მრუდის მიხედვით (ცხრილი 5).

ნახშირწყლების საკალიბრო მრუდების აღწერა

ცხრილი 5

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

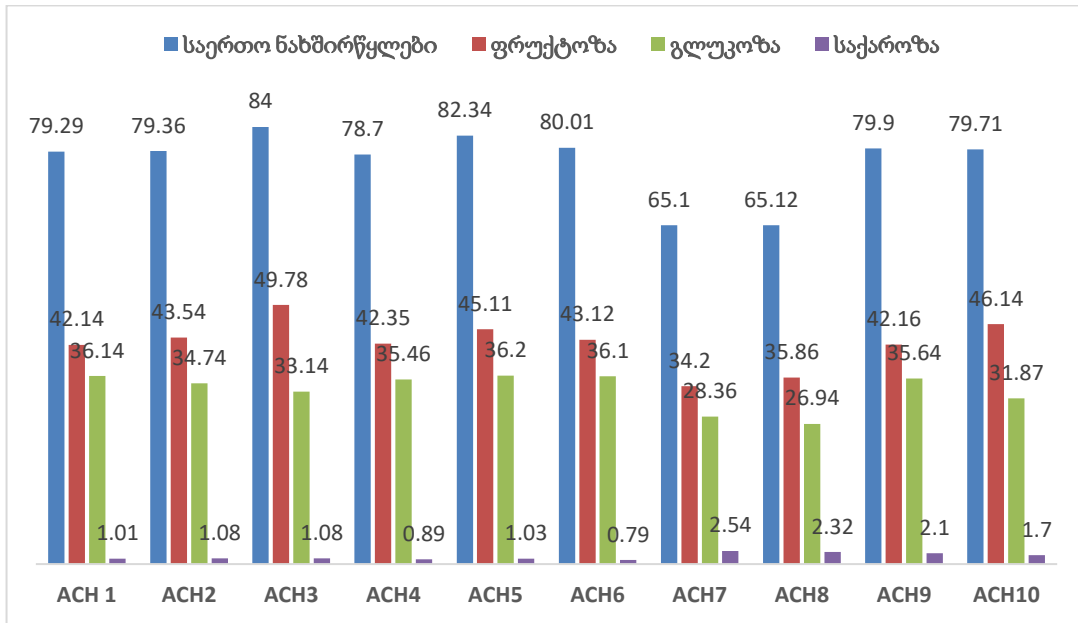
საანალიზოდ აღებულ იქნა 5 გ თაფლის ნიმუში, რომელიც გავხსენით 40 მლ. წყალში, წყალხსნარი რაოდენობრივად გადაგვქონდა 100 მლ მოცულობის მზომ კოლბაში და ვუმატებდით 25 მლ მეთანოლს. კოლბის მოცულობა გამოხდილი წყლით მიგვყავდა ნიშანხაზამდე. საანალიზოდ მომზადებულ ნიმუშს ვფილტრავდით 0,45 მიკრონის ზომის მემბრანულ ფილტრში და შემდეგ ვახდენდით ნიმუშების ქრომატოგრაფიულ კვლევას.



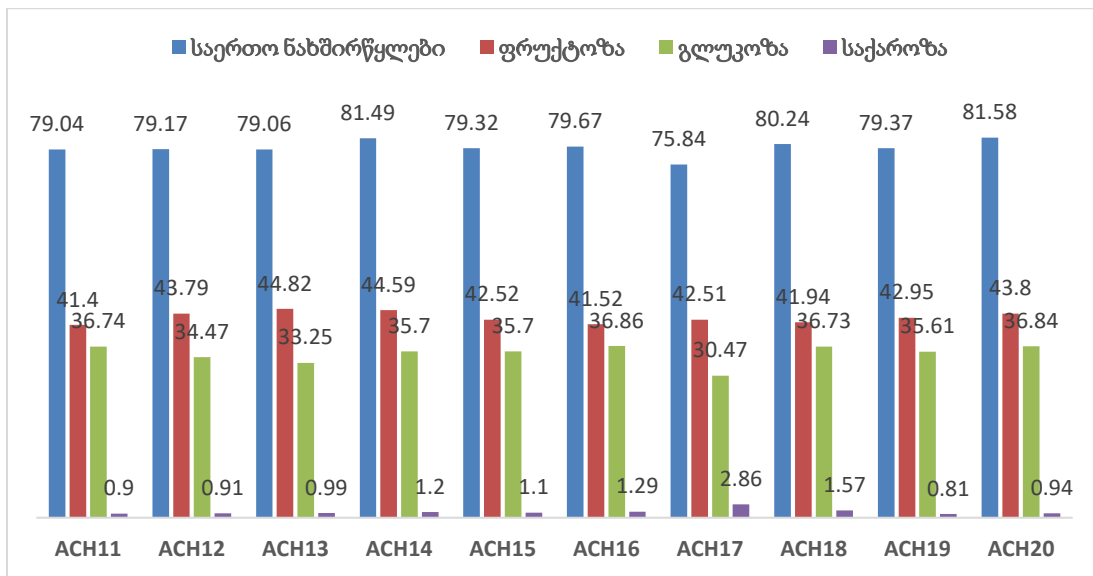
სურათი 9. ნახშირწყლების საკალიბრო მრუდების აღწერა

აკაციის თაფლის ნიმუშებში იდენტიფიცირებულ იქნა ფრუქტოზა, გლუკოზა და საქაროზა. მიღებული შედეგების შეჯერებით საანალიზოდ აღებულ 30-ვე ნიმუშში დომინანტი ნახშირწყალი არის ფრუქტოზა, მისი რაოდენობა იმერეთის რეგიონის ნიმუშებში 34,2 – 49,78%-ის ფარგლებშია (საშუალო მაჩვენებელი - 42,44%) (დიაგრამა 35). გურიის რეგიონის ნიმუშებში 41,4-44,82%-ის ფარგლებში (საშუალო მაჩვენებელი - 42,98%) (დიაგრამა 36) და აჭარის რეგიონის ნიმუშებში 41,5-45,5% (საშუალო მაჩვენებელი - 43,18%) (დიაგრამა 37). რაც შეეხება გლუკოზის შემცველობას, მისი საშუალო მაჩვენებელი იმერეთის რეგიონის თაფლებში - 33,46% (26,94-დან 36,14% - მდე) (დიაგრამა 35), გურიის რეგიონის ნიმუშებში - 35,24% (30,47%-დან 36,86%-მდე)

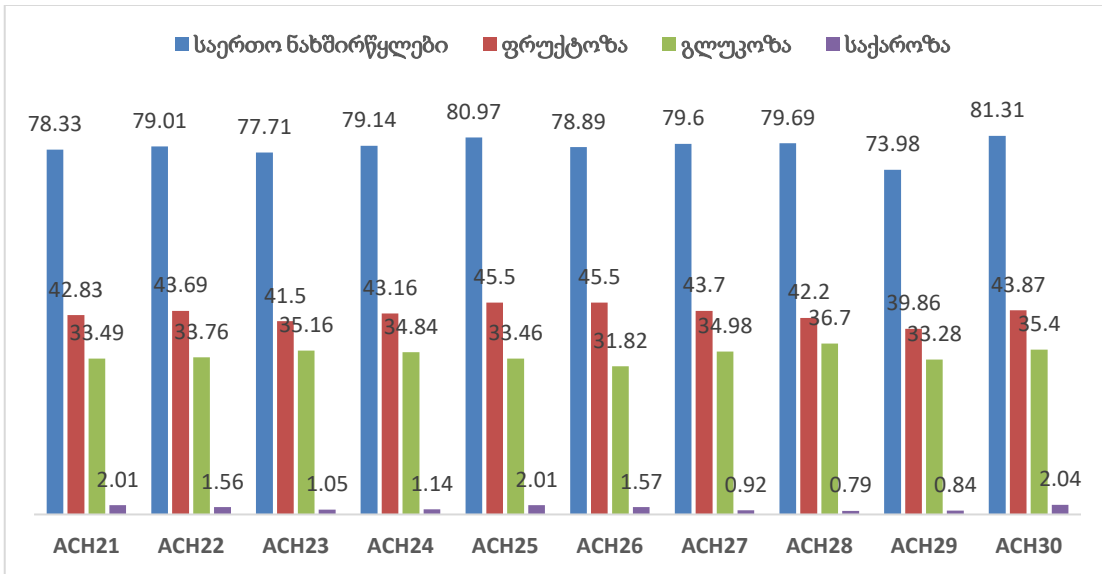
(დიაგრამა 36) და 34,3% (31,82%-დან 35,4%-მდე) აჭარის რეგიონის ნიმუშებისათვის (დიაგრამა 37).



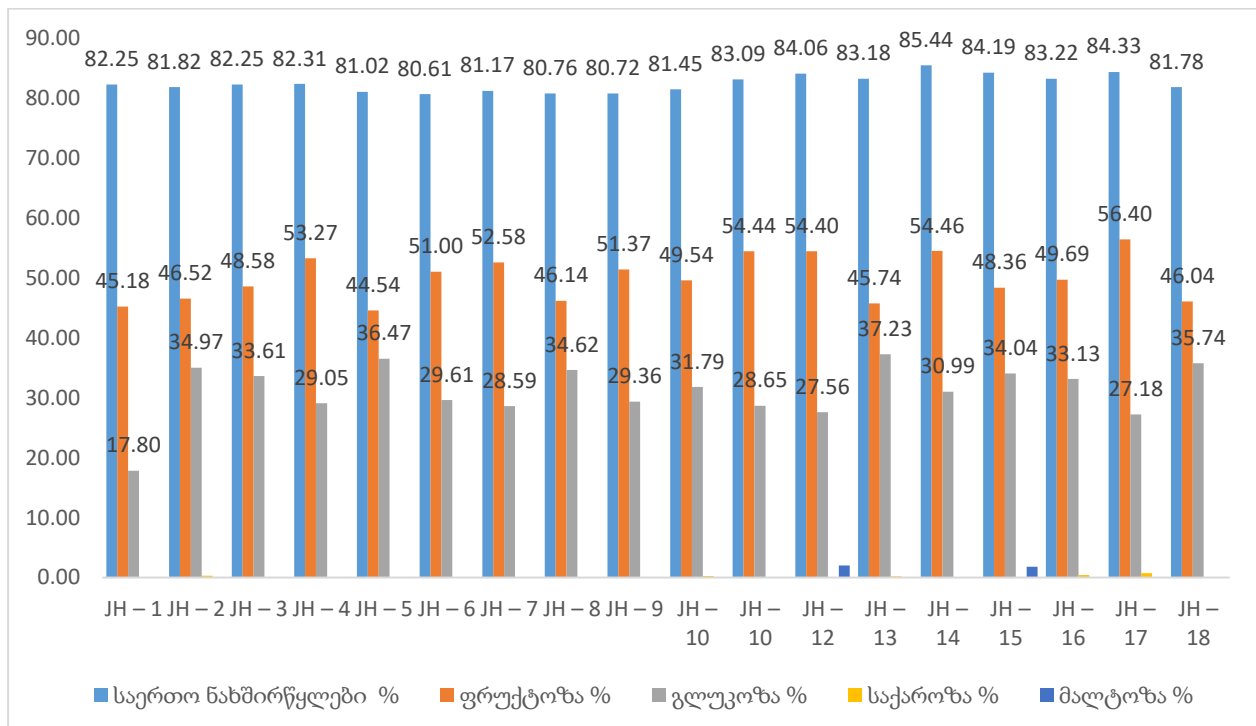
დიაგრამა 35. იმერეთის რეგიონის აკაციის თაფლის ნახშირწყლების შემცველობა (%)



დიაგრამა 36 გურიის რეგიონის აკაციის თაფლის ნახშირწყლების შემცველობა (%)



დიაგრამა 37. აჭარის რეგიონის აკაციის თაფლის ნახშირწყლების შემცველობა (%)

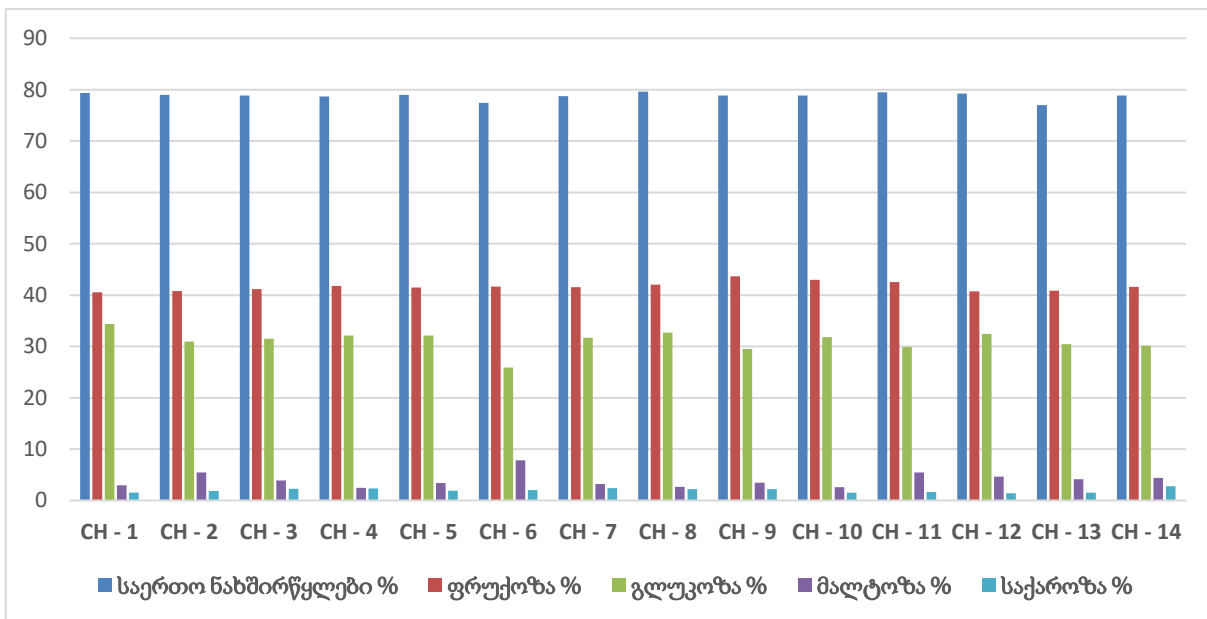


დიაგრამა 38. ჯარას თაფლის ნახშირწყლების შემცველობა (%)

თაფლში საქაროზის რაოდენობა მნიშვნელოვანი პარამეტრია თაფლის ნატურალობის დადასტურებისათვის, რადგანაც თაფლის შესახებ ტექნიკურ რეგლამენტში მითითებულია, რომ საქაროზის შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 5%-ს [99]. საქაროზის შემცველობის საშუალო მაჩვენებელი სამივე რეგიონის აკაციის

თაფლის ნიმუშებისათვის 1,26-1,44-ია, რაც ნორმის ფარგლებშია. მიღებული შედეგებით, ფრუქტოზის შემცველობა (საშუალო მაჩვენებლის მიხედვით) შედარებით მეტია აჭარის რეგიონის თაფლებში, ხოლო გლუკოზის შემცველობა – გურიის ნიმუშებში.

ჯარას თაფლში მონოსაქარიდების (ფრუქტოზა და გლუკოზა) საერთო შემცველობა შეადგენს დაახლოებით 75%-ს, ხოლო დისაქარიდების 10-15%-ს . ჯარას თაფლის ნიმუშებში იდენტიფიცირებულ იქნა ფრუქტოზა, გლუკოზა, საქაროზა და მალტოზა. მათ შორის დომინანტი ნაერთი იყო ფრუქტოზა და გლუკოზა. მიღებული შედეგების შედარებისას შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჯარას თაფლის ნიმუშებში ფრუქტოზის კონცენტრაცია იყო 44,5 - 56,4%, ხოლო გლუკოზის 27,8 - 37,07 % (დიაგრამა 38). საანალიზოდ აღებულ ჯარას თაფლის ნიმუშებში, მაჩვენებლების საშუალო მნიშვნელობის გათვალისწინებით, დომინანტი ნაერთია ფრუქტოზა (38,94%), მას მოსდევს გლუკოზა (31,65%).



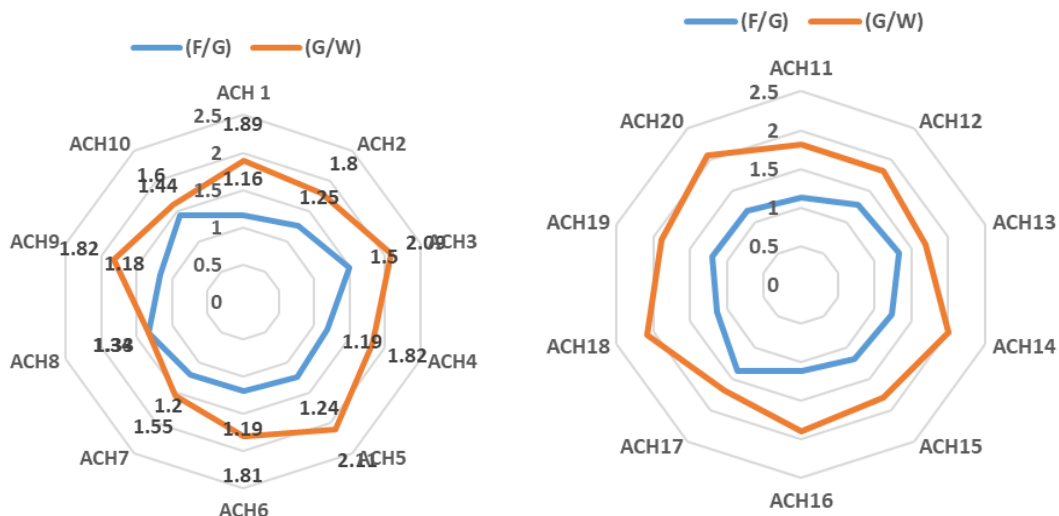
დიაგრამა 39. წაბლის თაფლის ნახშირწყლების შემცველობა

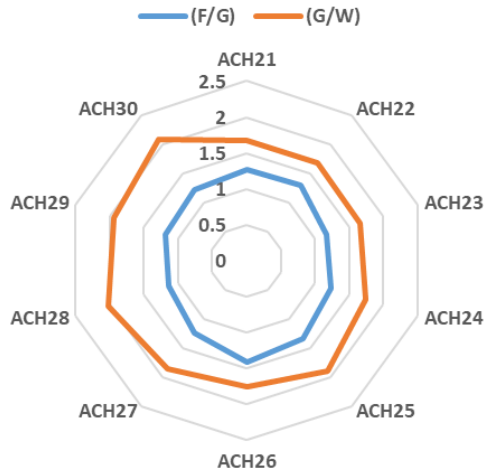
საქაროზა იდენტიფიცირებული იყო მხოლოდ 8 ნიმუშში - JH -2, JH - 3, JH - 10, JH - 13, JH - 16, JH - 17 0,065-დან 0,403%-მდე დიაპაზონში. მალტოზა

იდენტიფიცირებული იყო მხოლოდ 2 ნიმუში JH - 12 და Jh - 15 (დიაგრამა 38). მალტოზის შემცველობა იყო 2,006 და 1,8%. საქაროზასა და მალტოზის შემცველობა მნიშვნელოვნად დაბალია, ვიდრე ფრუქტოზისა და გლუკოზის შემცველობა.

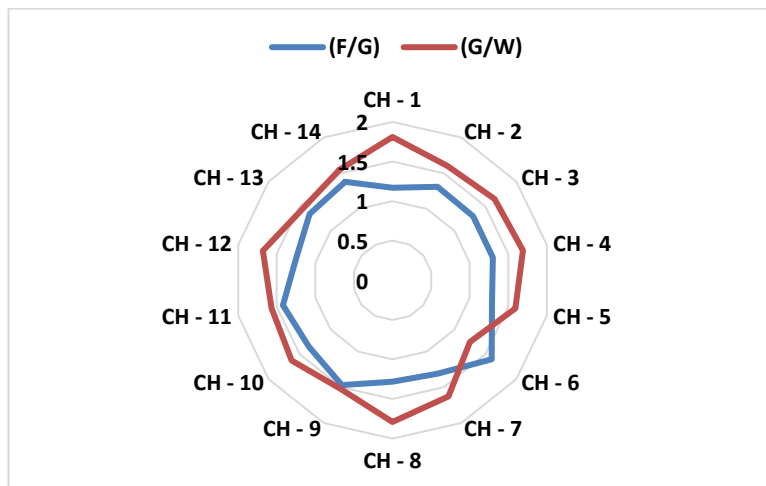
წაბლის თაფლის ნიმუშებში ნახშირწყლებიდან დომინანტი არის ფრუქტოზა. იგი წარმოადგენს ნახშირწყლების საერთო რაოდენობის 50 – 55 %-ს. ხოლო 35 – 42 % არის გლუკოზა, საქაროზა საერთო შემცველობის 1.4 -2.75 %-ია, მალტოზა კი 2.4-7.5 %. უნდა აღინიშნოს, რომ საქაროზა არცერთ ნიმუშში არ აღემატება 2,75%-ს, რაც ასევე ადასტურებს ყველა ნიმუშის ნატურალობას (დიაგრამა 39). ჯარას თაფლის ნიმუშებისაგან განსხვავებით წაბლის თაფლის ყველა ნიმუშში იდენტიფიცირებულია საქაროზა და მალტოზა.

თაფლის ხარისხის შეფასებისას ასევე მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია ფრუქტოზა/გლუკოზისა (F/G) და გლუკოზა/წყლის (G/W) თანაფარდობა. თაფლი მაშინ კრისტალდება, როცა ფრუქტოზისა და გლუკოზის თანაფარდობის მაჩვენებელი 1-ზე ნაკლებია, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ მოცემულ თაფლში გლუკოზის შემცველობა ჭარბობს ფრუქტოზისას [77]. საანალიზოდ აღებულ აკაციის თაფლის ნიმუშებში ფრუქტოზა/გლუკოზის ფარდობის საშუალო მაჩვენებელი პირველი 10 თაფლის ნიმუშისათვის (აჭარის რეგიონი) 1,27-ია, მეორე 10 ნიმუშისათვის (ACH11 – ACH20) არის 1,22 და 1,25-ია იმერეთის თაფლში (დიაგრამა 39), რაც კარგი მახასიათებელია აკაციის თაფლისთვის.





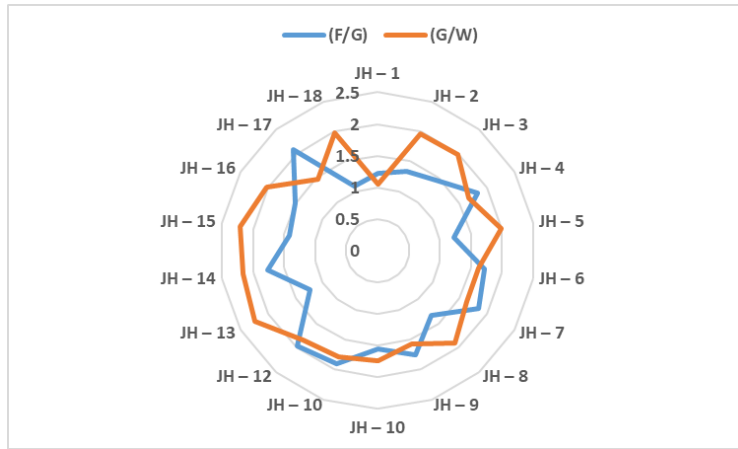
დიაგრამა 39. აკაციის თაფლში ფრუქტოზა/გლუკოზისა და გლუკოზა/წყლის თანაფარდობა.



დიაგრამა 40. წაბლის თაფლში ფრუქტოზა/გლუკოზისა და გლუკოზა/წყლის თანაფარდობა.

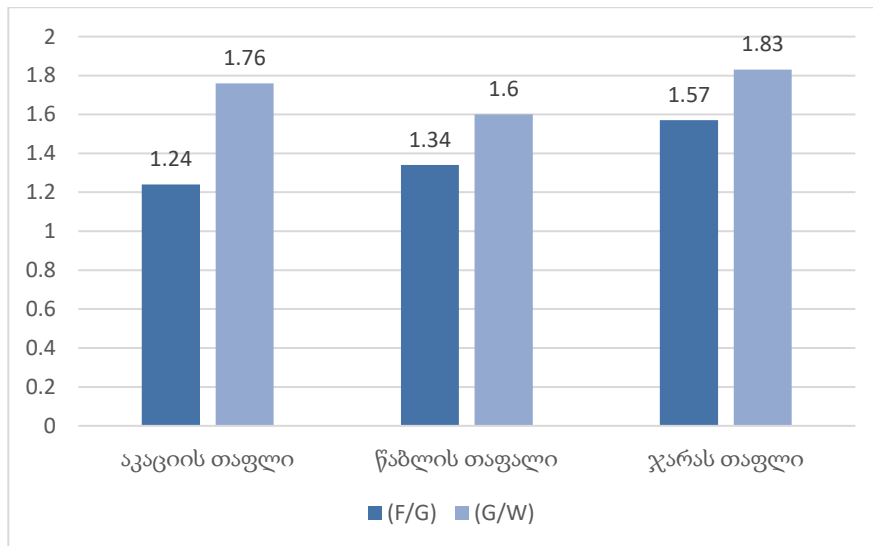
ასევე, მეტად მნიშვნელოვანია გლუკოზისა და წყლის თანაფარდობის მაჩვენებელი აკაციის თაფლის წარმოდგენილი ნიმუშიდან 7-ში - ACH3, ACH5, ACH14, ACH18, ACH20, ACH28 და ACH30-ში - გლუკოზისა და წყლის ფარდობის მაჩვენებელი 2,03 – 2,11-ის ფარგლებშია, რაც კრისტალიზაციის პროცესის განვითარების მაჩვენებელია. იმერეთის რეგიონის 3 ნიმუშში (ACH7, ACH8, ACH10), ასევე აჭარის რეგიონის 3 ნიმუშში (ACH21, ACH22, ACH23) ფარდობის მაჩვენებელი 1,7-ზე ნაკლებია, სადაც

კრისტალიზაციის პროცესის წარმართვის შანსი ნაკლებია ან სუსტად წარიმართება. თაფლის დანარჩენ ნიმუშებში კი ფარდობის მაჩვენებელი 1,74-დან 1,94-მდეა.

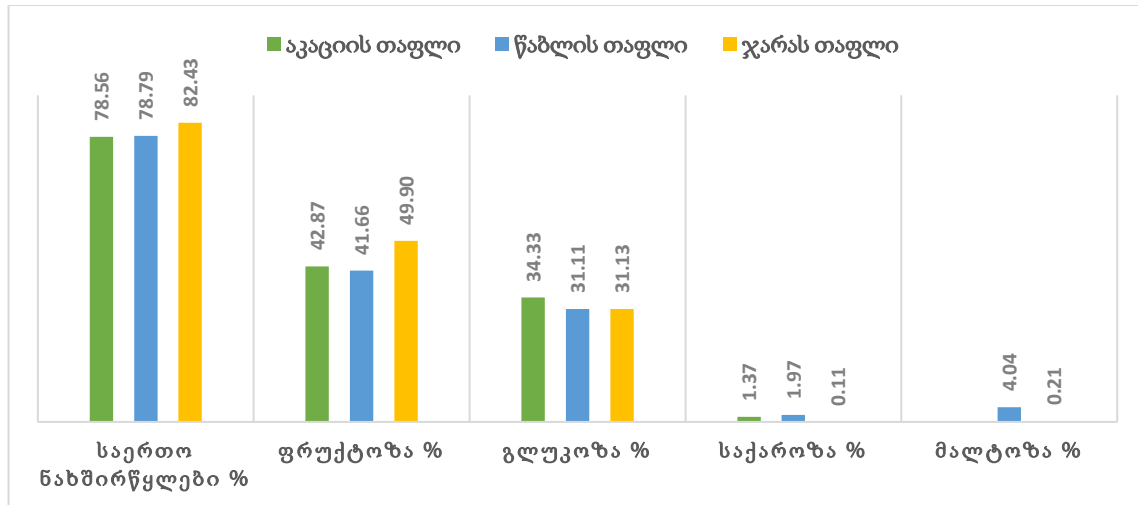


დიაგრამა 41. ჯარას თაფლში ფრუქტოზა/გლუკოზისა და გლუკოზა/წყლის თანაფარდობა.

წაბლის თაფლის წარმოდგენილ ნიმუშებში ორივე ფარდობის მახასიათებელი საკმაოდ მაღალია. კერძოდ, ფრუქტოზა/გლუკოზის თანაფარდობის საშუალო მაჩვენებელი 1,34-ია, ხოლო გლუკოზა/წყლის _ 1,6.



დიაგრამა 42. აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლში ფრუქტოზა/გლუკოზისა და გლუკოზა/წყლის თანაფარდობა (საშუალო მაჩვენებელი).



დიაგრამა 43 აკაციის, ჯარასა და წაბლის თაფლის ნახშირწყლების საშუალო შემცველობა (დიაგრამა 43).

ჯარას თაფლის ნიმუშებში ფრუქტოზა/გლუკოზის თანაფარდობა მერყეობდა 1.09-დან 2.08-მდე და გლუკოზა/წყლის თანაფარდობა 1,05-დან 2,24-მდე. ფიქსირდება მხოლოდ 2 შემთხვევა, როცა ფარდობის მაჩვენებელი 1-თან ახლოს არის. პირველი, როცა ფრუქტოზა/გლუკოზის თანაფარდობა არის 1,09 (JH18), მაგრამ ამ შემთხვევაში საკმაოდ მაღალია გლუკოზა/წყლის ფარდობა (1,99). მეორე შემთხვევა, როცა გლუკოზა/წყლის ფარდობის მაჩვენებელი 1,05-ია (JH1), მაგრამ აქაც ფრუქტოზა/გლუკოზის განაყოფის მაჩვენებელი 1,22-ია. შესაბამისად, არ ფიქსირდება კრისტალიზაციის პროცესი.

წაბლისა და ჯარას თაფლი არ მიეკუთვნება ადვილად კრისტალირებად თაფლებს. HPLC მეთოდით თაფლის ნიმუშებში გამოყოფილ და იდენტიფიცირებულ იქნა 4 ნახშირწყალი: ფრუქტოზა, გლუკოზა, საქაროზა და მალტოზა. მათ შორის დომინანტი არის ფრუქტოზა. ფრუქტოზა/გლუკოზისა (F/G) და გლუკოზა/წყლის (G/W) ფარდობის მაჩვენებლის მიხედვით, აკაციის თაფლისაგან განსხვავებით, წაბლისა და ჯარას თაფლი არ მიეკუთვნება ადვილად კრისტალირებად თაფლებს.

2.6. თაფლის კატიონების თვისობრივი და რაოდენობრივი კვლევა HPLC კონდუქტომეტრული მეთოდის გამოყენებით

თაფლი შეიცავს სხვადასხვა მაკრო და მიკრო ელემენტს. ისინი თაფლში წარმოდგენილია 0,02–1,03%-ის ფარგლებში: k, Na, Mg, Ca, P, Mn, Fe, Li, Co და ა.შ. [181,190]. მათი შემადგენლობა იცვლება თაფლის ბოტანიკური და გეოგრაფიული წარმოშობის შესაბამისად. მინერალების შემცველობა გავლენას ახდენს თაფლის ფერზე, კერძოდ, რაც უფრო მეტია მათი კონცენტრაცია თაფლში, მით უფრო მუქი შეფერილობისაა იგი [190]. მინერალების შემცველობა ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას, როგორც ერთ-ერთი მარკერი თაფლის ნატურალობის დადასტურებისათვის [8,13,48].

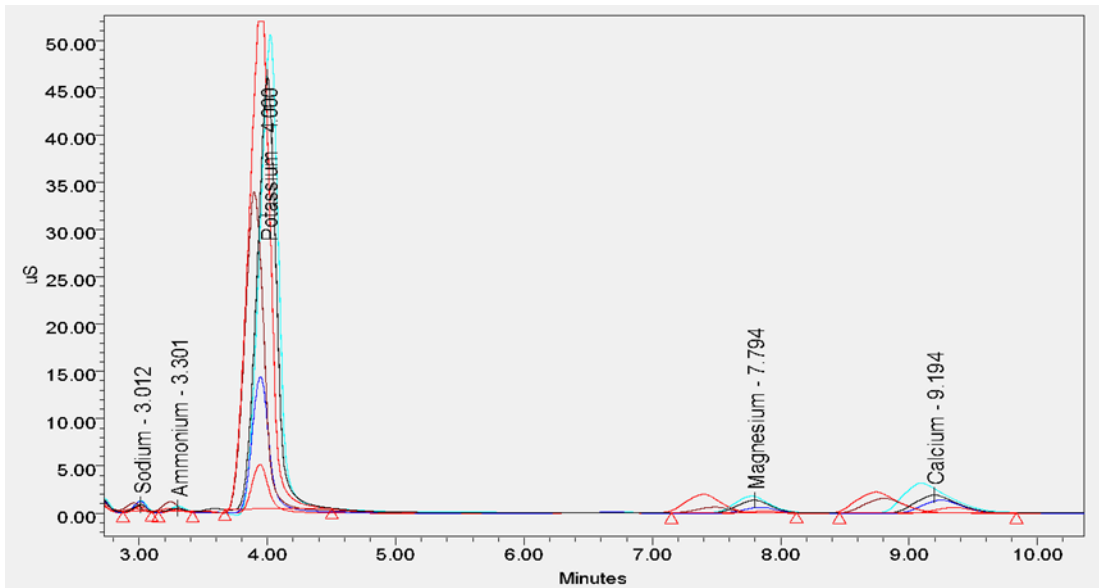
კატიონების კვლევა ჩატარდა ქრომატოგრაფიული მეთოდით, მაღალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფის, კონდუქტომეტრული დეტექტორის გამოყენებით. იზოკრატული ტუმბო (Isocratic HPLC pump - Waters 1515), დეტექტორი (Waters 432 - Conductivity), ქრომატოგრაფიული სვეტი ICpakCationMD, ელუენტი 0.1 mM EDTA, ელუენტის გამტარებლობა $1250 \pm 50 \mu\text{S}$, საბაზო მგრძნობელობა $2000 \mu\text{S}$, ინტეგრატორის მგრძნობელობა $0.01\mu\text{S}$, სვეტის ტემპერატურა 35°C , პოლარობა-negative.

მიღებული კომპონენტების იდენტიფიკაციისათვის გამოყენებულ იქნა სტანდარტები: ლითიუმის ჰიდროქსიდის მონოჰიდრატი (Li^+), ნატრიუმის ქლორიდი (Na^+), ამონიუმის ქლორიდი (NH_4^+), კალიუმის ქლორიდი (K^+), მაგნიუმის ჰიდრატი (Mg^{2+}), კალციუმის ნიტრატი ტეტრაჰიდრატი (Ca^{2+}), სტრონციუმის ნიტრატი ტეტრაჰიდრატი (Sr^{2+}), ბარიუმის ქლორიდი დიჰიდრატი (Ba^{2+}) (FisherScientific), EDTA (Serva).

მინერალების რაოდენობრივი შემცველობის განსაზღვრისათვის გამოყენებულ იქნა სტანდარტულ ნაერთთა საკალიბრო მრუდები.

სტანდარტულ ნაერთთა საკალიბრო მრუდების ფორმულები
ცხრილი №6

სტანდარტულ ნაერთთა საკალიბრო მრუდები	
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	$Y = 1.28e+005 X + 2.28e+005$

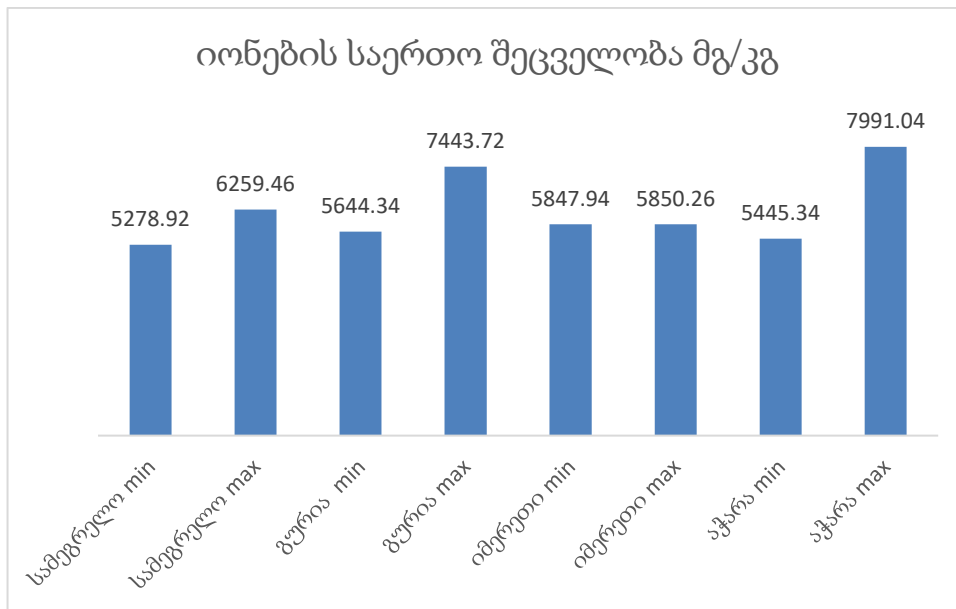


სურათი10: თაფლის კატიონების HPLC ქრომატოგრამა

კატიონების კვლევა განხორციელდა აკაციის, წაბლის, ცაცხვის, ცაცხვ-წაბლის, პოლიფლორულ თაფლსა და ჯარას თაფლის ნიმუშებში. თაფლის ნიმუშები აღებულ იქნა სამეგრელოს, გურიის, იმერეთისა და აჭარის რეგიონებში. კატიონების კვლევა განხორციელდა 115 ნიმუშში. ხოლო შედეგების საშუალო მაჩვენებელი წარმოდგენილია თაფლის 36 ნიმუშის სახით (მაჩვენებლების მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობებით).

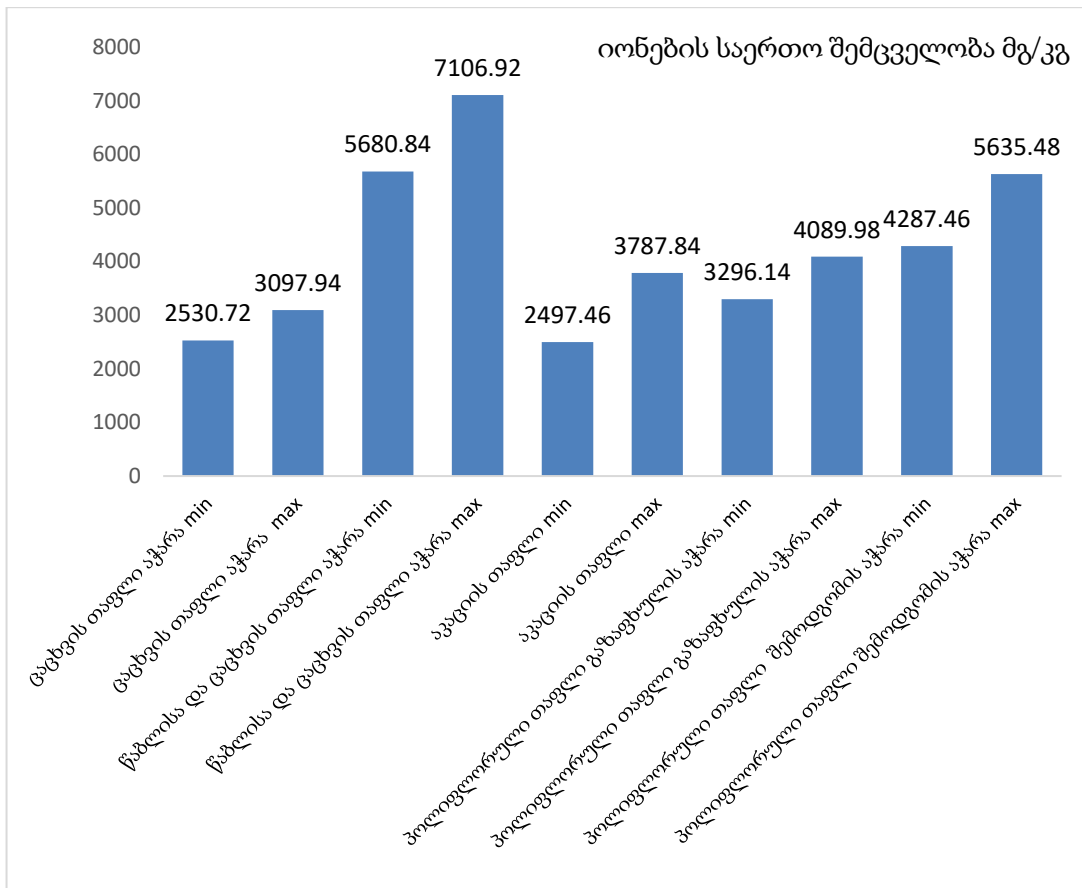
ქრომატოგრაფიული კვლევისათვის თავლის ნიმუშებს ვხსნიდით 1:10 თანაფარდობით დეიონიზებულ წყალში და მიღებულ წყალხსნარს ვფილტრავდით 0.45 მიკრონი ზომის ფილტრში.

საანალიზოდ აღებულ ნიმუშებში იდენტიფიცირებულ იქნა ნატრიუმის, ამონიუმის, კალიუმის, მაგნიუმისა და კალციუმის იონები. მათი ჯამური შემცველობა საშუალო მაჩვენებლების მინიმალური (min) და მაქსიმალური (max) მნიშვნელობებითაა წარმოდგენილი (დიაგრამა), კერძოდ, წაბლის თავლის ნიმუშებში - სამეგრელო 5278,92 და 6259,46 მგ/კგ, გურია 5644,34 და 7443,72 მგ/კგ, იმერეთი 5847,94 და 5850,26 მგ/კგ, აჭარა 5445,34 და 7991,04 მგ/კგ.



. დიაგრამა 42 . იონების საერთო შემცველობა სამეგრელოს, გურიის, იმერეთისა და აჭარის წაბლის თავლში

წაბლის თავლში იონების შემცველობა შედარებით მეტია, ვიდრე ცაცხვის (2530,72 - 3097,94 მგ/კგ), აკაციის (2497,46 - 3787,84 მგ/კგ), გაზაფხულის პოლიფლორულ (3296,14 - 4089,98 მგ/კგ) და შემოდგომის პოლიფლორულ (4287,46 - 5635,48 მგ/კგ) თავლში. მაგრამ ცაცხვ-წაბლის თავლში თითქმის მსგავსია 5680,84-7106,92 მგ/კგ, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს თავლში წაბლის მტვრიანების არსებობით.



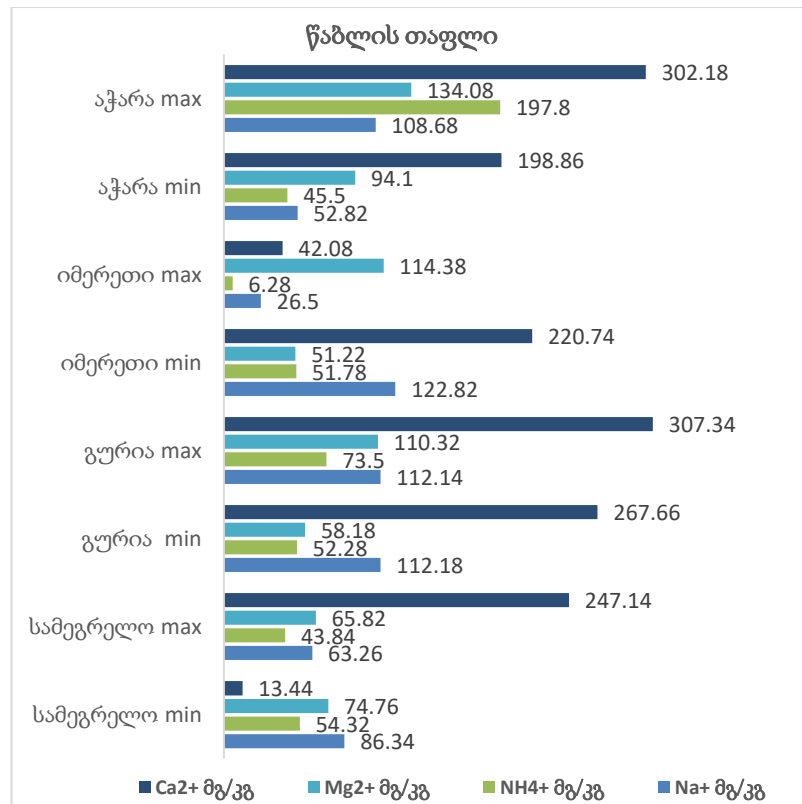
დიაგრამა 43. აჭარის რეგიონში მოწეულ სხვადასხვა თაფლში იონების საერთო შემცველობა მგ/კგ (მინიმალური (min) და მაქსიმალური (max) მნიშვნელობებით)

საანალიზოდ აღებულ ყველა ნიმუშში კატიონებს შორის დომინანტი კალიუმის იონია, მაგრამ მისი რაოდენობა ცვალებადია თაფლის წარმოშობის მიხედვით. კალიუმის მაღალი შემცველობით წაბლის თაფლის ნიმუშები გამოირჩევა.

მისი შემცველობა თაფლში დაახლოებით 5050,06-დან 7248,30 მგ/კგ-მდეა. რეგიონების მიხედვით, კალიუმის იონებს შორის მკვეთრად გამოხატული სხვაობა არ ფიქსირდება. განსაკუთრებით საინტერესო იყო ზღვის დონიდან 300მ სიმაღლეზე მდებარე მთიან სოფელში შეგროვებული თაფლი. მასში კალიუმის შემცველობა აღემატებოდა 7000 მგ/კგ-ს.

კალიუმის იონები შედარებით ნაკლები რაოდენობით არის წარმოდგენილი ცაცხვის (2377,34-2746,58 მგ/კგ), აკაციის (2220,22-3444,50 მგ/კგ), გაზაფხულისა (296,72-

3595,44 მგ/კგ) და შემოდგომის (3856,28-5092,18 მგ/კგ) პოლიფლორულ თაფლში, მაგრამ ცაცხვ-წაბლის ნიმუშებში მისი კონცენტრაცია იმატებს (5167,94-6516,32 მგ/კგ) (მსგავსად იონების საერთო შემცველობისა) და თითქმის მსგავსია წაბლის თაფლის ნიმუშებისა. თაფლის ყველა ნიმუშში კალიუმის მასური წილი კატიონების საერთო შემცველობის 90%-ზე მეტია.



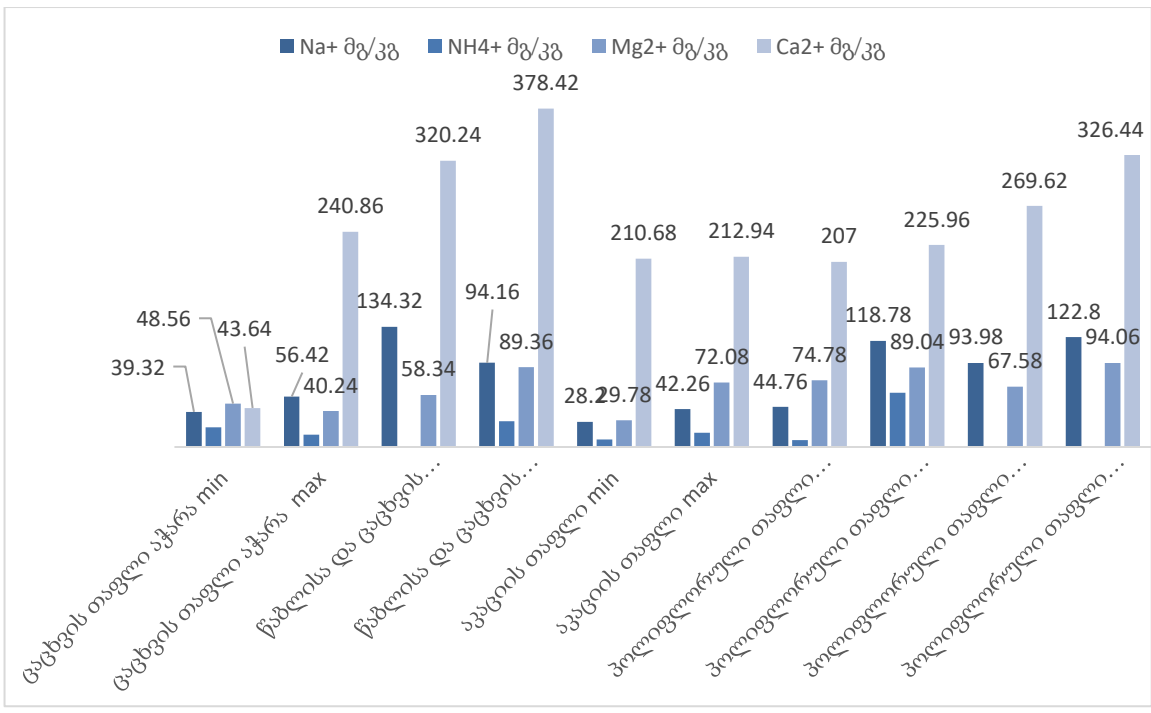
დიაგრამა 44 . წაბლის თაფლში იონების საერთო შემცველობა მგ/კგ

(მინიმალური (min) და მაქსიმალური (max) მნიშვნელობებით) კალიუმის

იონების ფონზე სხვა კატიონების შემცველობა გაცილებით დაბალია. წაბლის თაფლში კალციუმი 13,44-307,34 მგ/კგ, ნატრიუმი 26,5-122,82 მგ/კგ, მაგნიუმი 58,18-134,08 მგ/კგ და ამონიუმი 6,28-197,80 მგ/კგ შემცველობით არის წარმოდგენილი. მსგავსი თანაფარდობით არის წარმოდგენილი კატიონები აკაციის, წაბლის, ცაცხვის, ცაცხვ-წაბლისა და პოლიფლორული თაფლის ნიმუშებში (დიაგრამა 44).

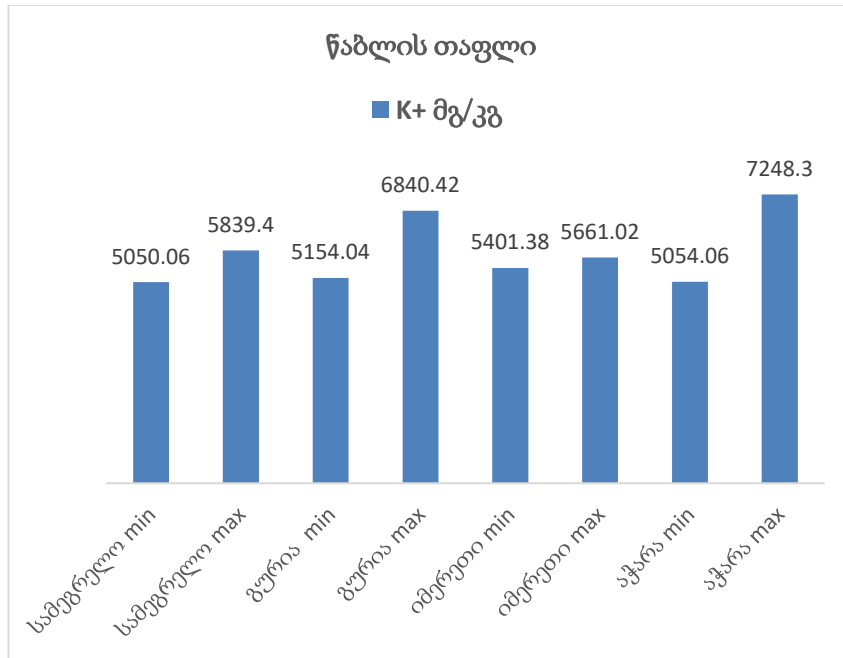
როგორც შედეგებმა აჩვენა, წაბლის თაფლში კატიონების საერთო შემცველობა არ აღემატება 8-9%-ს. ნიმუშების უმეტესობაში კალციუმის მაჩვენებლებია 14 მგ/კგ-

დან 500 მგ/კგ-მდე, რაც შეადგენს კატიონების მთლიანი შემცველობის 0,33-7,2%-ს, ხოლო მაგნიუმი არის 51-დან 130 მგ/კგ-მდე, რაც კატიონების საერთო შემცველობის 0,88-1,95%-ს შეადგენს. რაც შეეხება ნატრიუმს, მისი შემცველობა 26-დან 140 მგ/კგ-მდეა, რაც კატიონების მთლიანი შემცველობის 0,45-2,1%-ია. ამონიუმის იონის შემცველობა იცვლება დიდი დიაპაზონით, 24-დან 197 მგ/კგ-მდე (დიაგრამა 45).

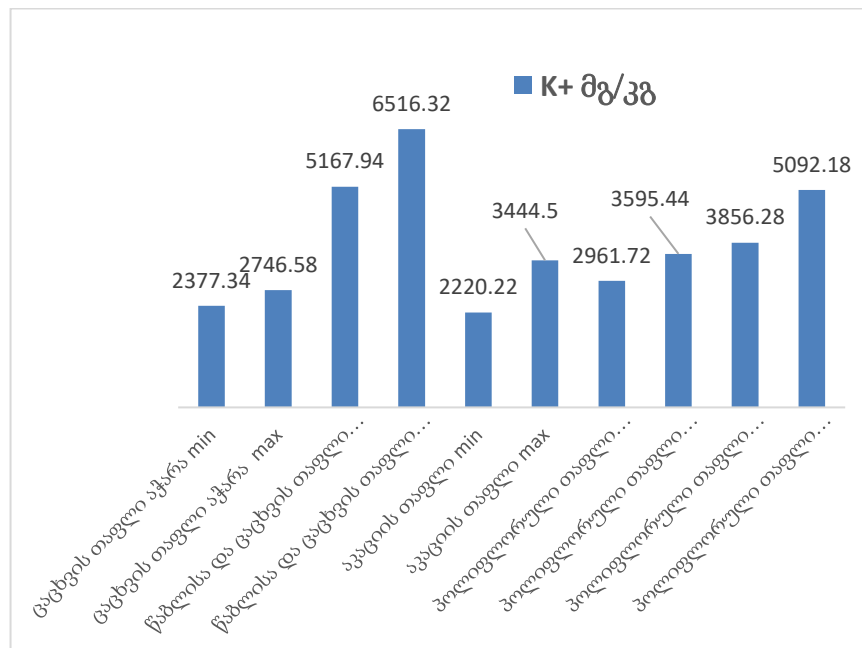


დიაგრამა 45. აჭარის რეგიონში მოწეულ სხვადასხვა თაფლში Na⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ იონების საერთო შემცველობა მგ/კგ (მინიმალური (min) და მაქსიმალური (max) მნიშვნელობებით)

გაზაფხულსა და შემოდგომაზე თაფლი პოლიფლორულია და მასში კალიუმის შემცველობა, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, საკმაოდ მაღალია - კატიონების საერთო რაოდენობის მინიმუმ 87,9 %. საანალიზოდ აღებული თაფლის ნიმუშებში სხვა იონებს შორის (წაბლის თაფლშიც) Ca²⁺ მერყეობს 43,6-დან 378 მგ/კგ-მდე, ხოლო Mg²⁺ არის 29,8-დან 94,1 მგ/კგ-მდე, რაც შეადგენს მთლიანი კატიონების რაოდენობის 1,77-8,44%-ს. Na⁺ კატიონების შემცველობა არის 28.2 – 134.3 მგ/კგ, რაც, დაახლოებით, კატიონის მთლიანი შემცველობის 1.12-დან 2.9%-მდეა (დიაგრამა 45).



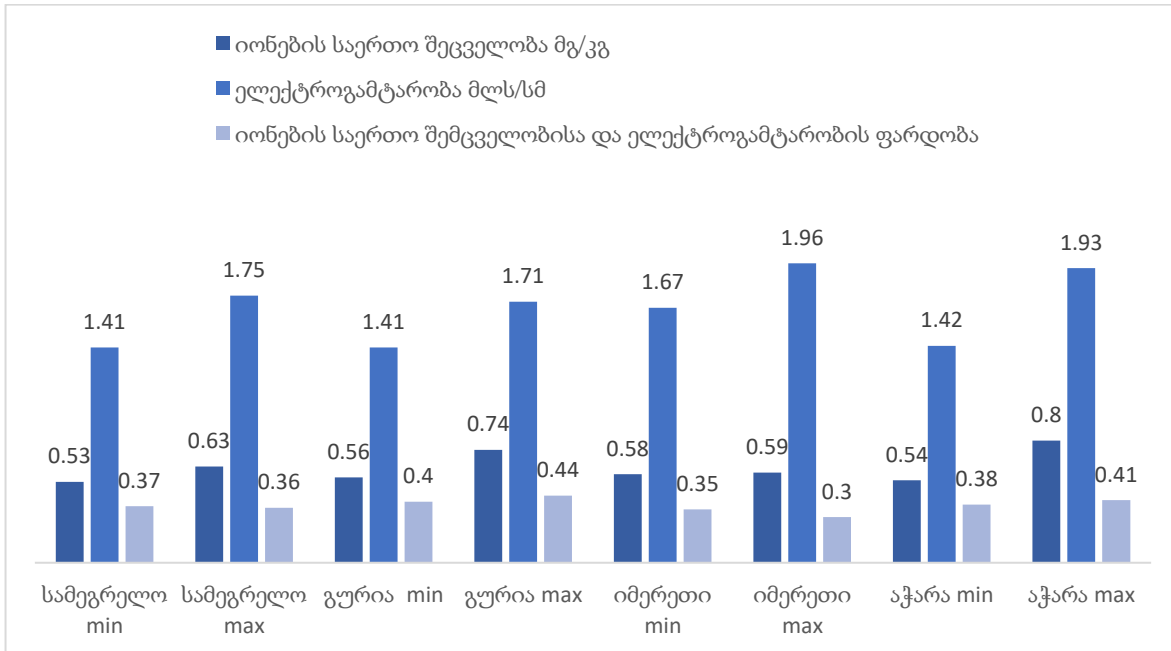
დიაგრამა 46. კალიუმის იონის შემცველობა მგ/კგ (მინიმალური (min) და მაქსიმალური (max) მნიშვნელობებით)



დიაგრამა 48. თაფლში კალიუმის იონის შემცველობა მგ/კგ (მინიმალური (min) და მაქსიმალური (max) მნიშვნელობებით)

თაფლის წარმოდგენილ ნიმუშებში ასევე განსაზღვრულ იქნა ელექტროგამტარობა. მისი შემცველობა მერყეობდა წაბლის თაფლის ნიმუშებში 1,41-

დან 1,96 მილისიმენსი/სმ-მდე. ცაცხვის თაფლში - 0,81-დან 1,33-მდე, ცაცხვ-წაბლის ნიმუშებში - 1,7-დან 1,75-მდე, აკაციის ნიმუშებში 0,91-დან 1,05-მდე, პოლიფლორულ თაფლებში 0,96-დან 1,87-მდე.

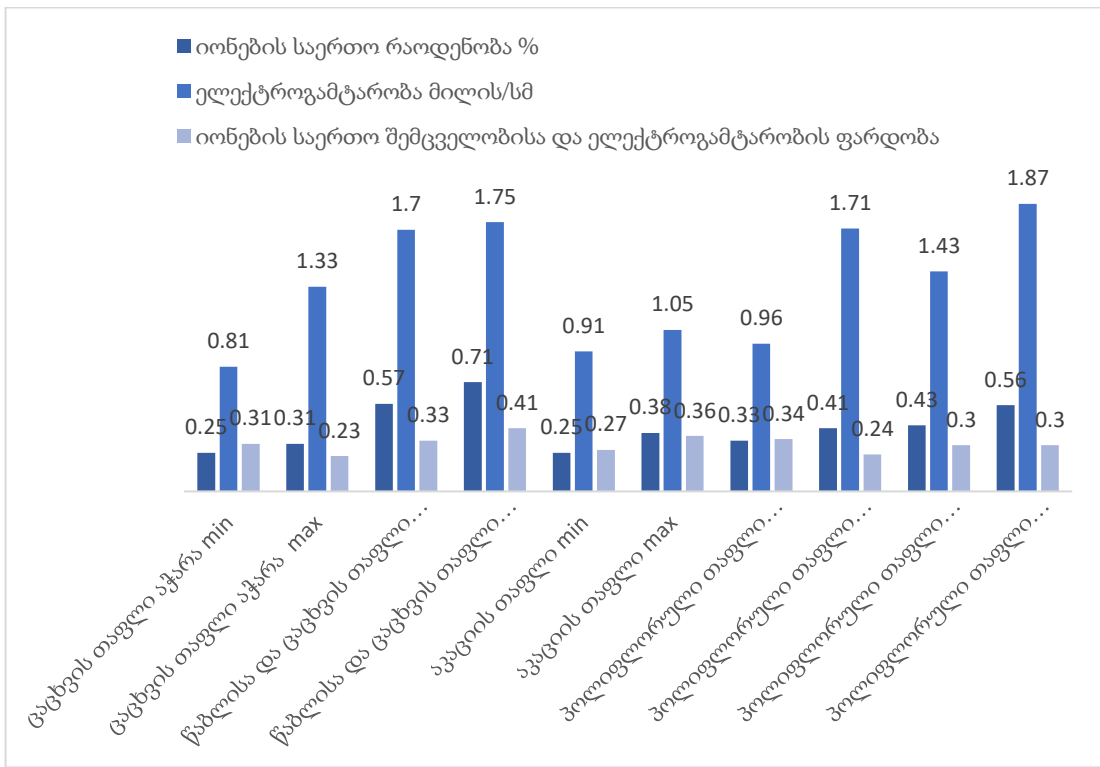


დიაგრამა 49. წაბლის თაფლში იონების საერთო შემცველობა,

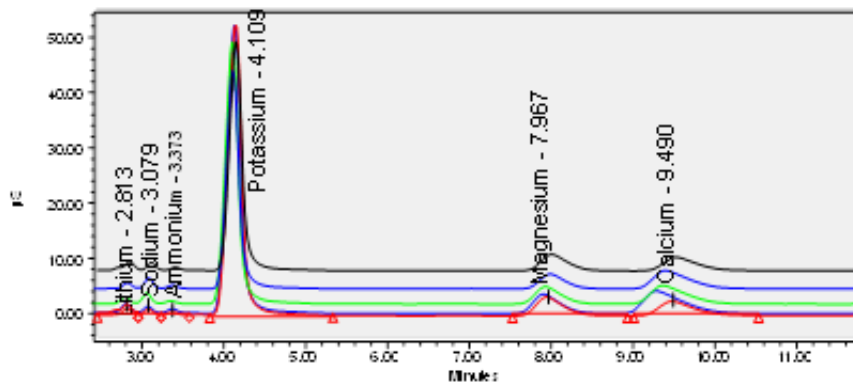
ელექტროგამტარობა და მათი თანაფარდობა (მინიმალური (min) და მაქსიმალური (max) მნიშვნელობებით)

წაბლის თაფლში კატიონების შემადგენლობასა და ელექტროგამტარობას შორის გარკვეული კორელაცია დადგინდა. კერძოდ, სადაც მეტია იონების რაოდენობა, იქ მეტია ელექტროგამტარობის მაჩვენებელიც. იონების შემცველობასა და ელექტროგამტარობას შორის ფარდობა წაბლის თაფლის შემთხვევაში განისაზღვრა, როგორც 0,30 და 0,44 (მინიმალური და მაქსიმალური მაჩვენებელი). სხვა თაფლების შემთხვევაში, როგორც 0,24 და 0,41.

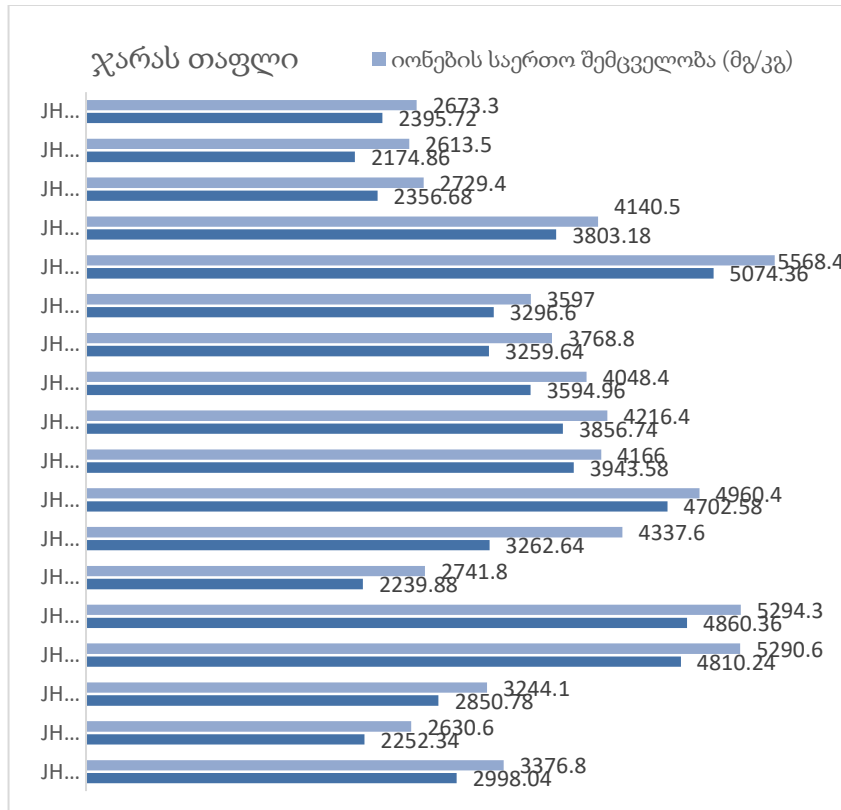
იონების ქრომატოგრაფიული კვლევა ასევე განხორციელდა ჯარას თაფლის 18 ნიმუშში, სადაც იდენტიფიცირებულ იქნა Li, Na, K, Mg ი Ca (სურათი11), რომელთა შემცველობა 2613,5 - 5568,4 მგ/კგ-ის ფარგლებშია (დიაგრამა). მიღებული შედეგების შეჯერებით, კალიუმი წარმოადგენს დომინანტ იონს და მისი შემცველობა 2174,86 მგ/კგ -დან 5074,36 მგ/კგ -მდეა.



დიაგრამა 50. წაბლის, ცაცხვის, აკაციისა და პოლიფლორულ თაფლში იონების საერთო შემცველობა, ელექტროგამტარობა და მათი თანაფარდობა (მინიმალური (min) და მაქსიმალური (max) მნიშვნელობებით)

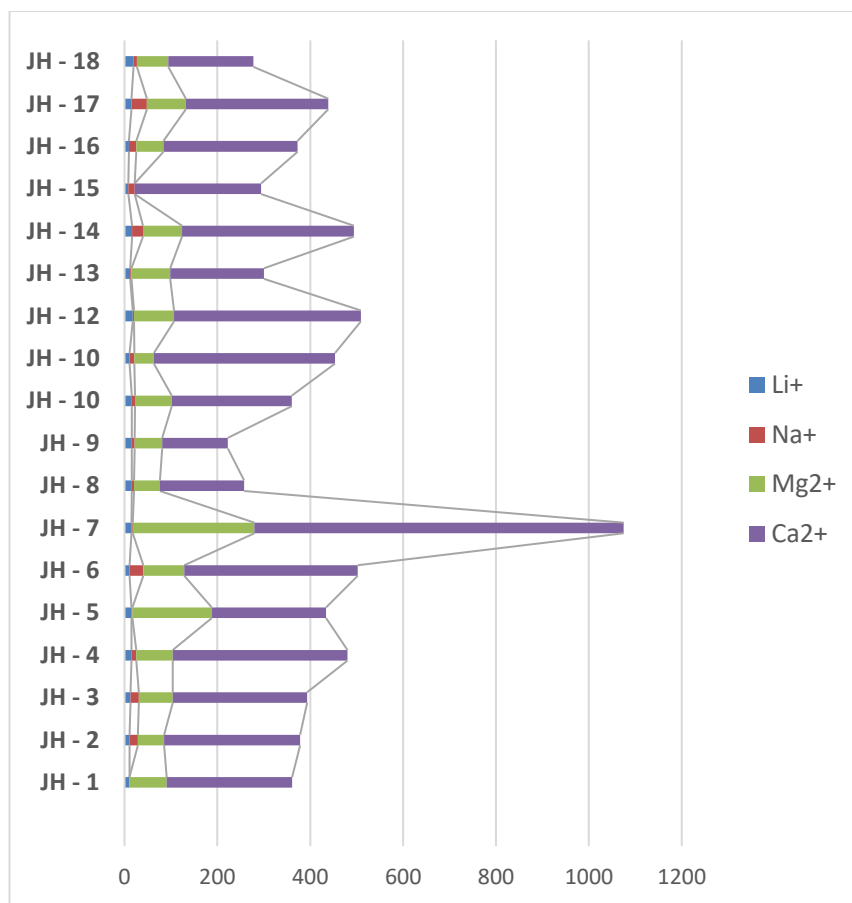


სურათი 11. ჯარას თაფლის კატიონების HPLC ქრომატოგრამა



დიაგრამა 51. ჯარას თაფლის კალიუმისა იონისა და კატიონების საერთო შემცველობა (მგ/კგ)

კალიუმის იონი ჯარას თაფლის ნიმუშებში საერთო შემცველობის 89%-ს შეადგენს. კალიუმის იონების შემცველობით (საშუალო მაჩვენებლით) ქედისა (3546,72 მგ/კგ) და შუახევის (3501,46 მგ/კგ) თაფლის ნიმუშები მსგავსია. თუმცა, ქედის ნიმუშებში კალიუმის იონების რაოდენობა საკმაოდ ცვალებადია, მაგალითად, JH1, JH2, JH3 და JH6 ნიმუშებში მისი კონცენტრაცია 2239,88 მგ/კგ - დან 2998,04 მგ/კგ - მდეა, ხოლო JH4, JH5 და JH8 თაფლში 4702,58 მგ/კგ - დან 48603,36 მგ/კგ - მდეა. შუახევის თაფლის ნიმუშებში მაჩვენებლებს შორის ასეთი მკვეთრი ცვალებადობა არ აღინიშნება (3259,64 – 3856,74 მგ/კგ). ქედის ნიმუშების მსგავსად იცვლება კალიუმის შემცველობა ხულოს თაფლში, კერძოდ, JH 16 (2356.68 მგ/კგ) და JH 18 (2395,72 მგ/კგ) თითქმის იდენტურია, მაგრამ ამ ნიმუშებთან შედარებით კალიუმის შემცველობა 2-ჯერ მეტია - 5074,36 მგ/კგ ხულოს თაფლის მეოთხმეტე ნიმუშში.



დიაგრამა 52 . ჯარას თაფლში Na⁺, NH₄⁺, Mg²⁺ და Ca²⁺ იონების შემცველობა

კალიუმის იონების შემდეგ, შემცველობის მიხედვით მეორე იონი (Ca) - 141.28 – 795.06 მგ/კგ. მაგნიუმისა (Mg) და ნატრიუმის (Na) -ის იონების შემცველობა მეტად ცვალებადია ნიმუშებს შორის. მაგნიუმი გვხვდება 41.6-დან 262.34-მდე, ხოლო ნატრიუმი 2.4-დან 33.58-მდე. ჯარას თაფლში ლითიუმი (Li) ძალიან მცირე რაოდენობით გვხვდება (8.22 – 19.44 მგ/კგ) (დიაგრამა 53).

კალიუმის რაოდენობრივი თანაფარდობა კატიონების საერთო რაოდენობასთან და ელექტროგამტარობა შეიძლება გამოყენებულ იქნას, როგორც მარკერები თაფლის ნატურალობის დასადგენად.

2.7. თაფლის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების UPLC PDA-MS

მეთოდით კვლევა

ფენოლური ნაერთები წარმოადგენენ თაფლის მნიშვნელოვან მარკერს [40]. თაფლში მათი თვისობრივი და რაოდენობრივი შემცველობა დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე, მათ შორის არის თაფლის ბოტანიკური წამოშობა, ფუტკრის ფერმენტული აქტივობა და გარემომცველი სამყარო [40,41,76,78].

ბოლო ათწლეულებია, თაფლში ფენოლური ნაერთების ანალიზი მეტად აქტუალურია, რადგან ადამიანის ჯანმრთელობაზე ნაერთების თვისობრივ და რაოდენობრივ შემცველობაზე. შესაბამისად, მეტად მნიშვნელოვანია იდენტიფიკაცია და რაოდენობრივი განსაზღვრა. თაფლში ამ ნაერთების განსაზღვრა რამდენიმე ეტაპიან კვლევას მოიცავს, კერძოდ, მათ გამოიწვლილვას თაფლიდან და შემდგომ კვლევის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით მათ რაოდენობრივ განსაზღვრას [55,76].

თაფლის ნიმუშებში ფენოლური ნაერთების ქრომატოგრაფიული კვლევისათვის, საწყის ეტაპზე ნიმუშს ვამზადებდით მყარფაზოვანი ექსტრაქციით (სქემა 1). სორბენტად ვიყენებდით Amberlite XAD-2. საწყის ეტაპზე ვამზადებდით თაფლის 10 % – 30 % წყალხსნარს (გამხსნელი - მარილმჟავას წყალხსნარი, pH=2). თაფლის წყალხსნარის კონცენტრაცია დამოკიდებულია თაფლის სახეობაზე, კერძოდ, აკაციის თაფლის შემთხვევაში ვიღებდით 25-30% წყალხსნარს, წაბლის, ცაცხვისა და ჯარას თაფლის შემთხვევაში 10 % წყალხსნარს. შემდეგ ეტაპზე ხდებოდა ნიმუშისა და სორბენტის Amberlite XAD2 (30გ) შერევა და ქრომატოგრაფიულ სვეტში შეტანა, (სვეტის ზომები - სიმაღლე 35 სმ, დიამეტრი 25 მმ). Amberlite XAD-2, როგორც სორბენტი ახდენს ფენოლური ნაერთების სორბციას. ნიმუშის მომზადების მნიშვნელოვანი ეტაპია რეცხვა, პირველად მიმდინარეობს რეცხვა 150 – 200 მლ მარილმჟავას წყალხსნარით (pH=2). ამ ეტაპზე ხდება ნახშირწყლების მოცილება. შემდეგ რეცხვას ვაგრძელებდით 100 მლ გამოხდილი წყლით, რეცხვის დასრულებას

ვამოწმებდით რეფრაქტომეტრის საშუალებით (რეფრაქტომეტრზე ნულოვანი მაჩვენებელი).

თაფლის ფენოლური ნაერთების კვლევის სქემა

თაფლის 10 % - 30 % წყალხსნარის მომზადება

(გამხსნელი - მარილმჟავას წყალხსნარი pH=2)



ნიმუშისა და სორბენტის Amberlite XAD2 (30გ) შერევა

და ქრომატოგრაფიულ სვეტში შეტანა



რეცხვა 1: - მარილმჟავას წყალხსნარი pH=2 (150 – 200 მლ)

(შაქრების მოცილება)



რეცხვა 1: -გამოხდილი წყალი (100 მლ)



ელუირება - მეთანოლი(150 – 200 მლ)



ელუენტის კონცენტრირება ვაკუუმის პიერობებში 40 °C



მიღებული კონცენტრატის აღდგენა 1 – 2 მლ 80% მეთანოლით

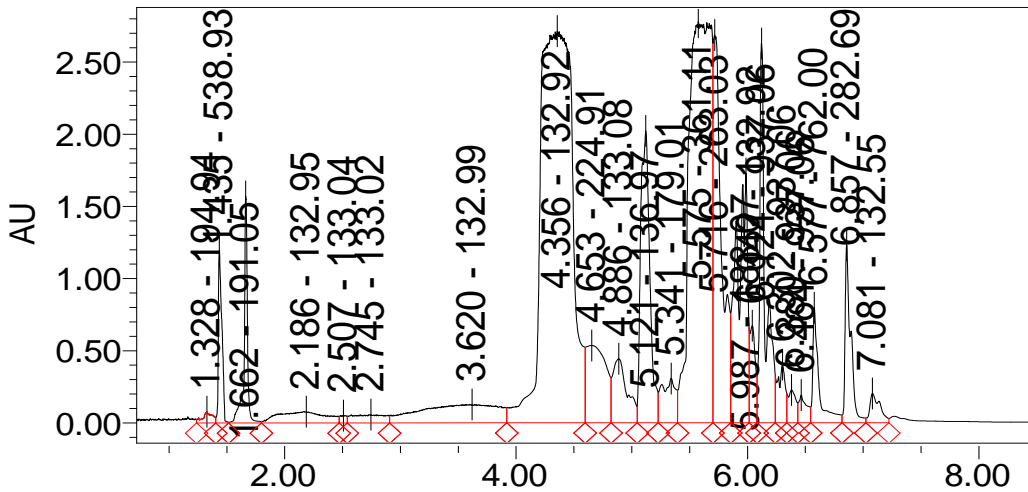


ნიმუშის გაფლიტრვა 0,45 მიკრონიან ფილტრში

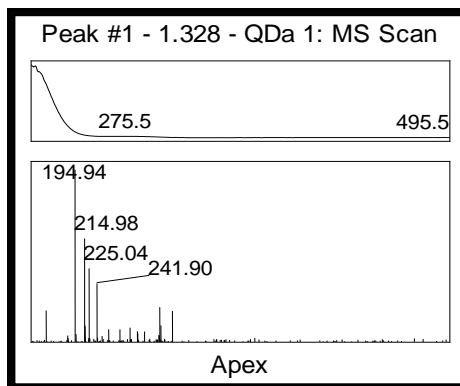


UPLC MS/MS ანალიზი

ფენოლური ნაერთების ელუირებას ვაწარმოებდით 80 % მეთანოლით (150 – 200 მლ). ელუირების დასრულებას ვამოწმებდით ულტრაიისფერ და ხილულ არეში მეთანოლიანი ფრაქციების სკანირებით. ამ ეტაპის დასრულების შემდეგ ვახდენდით ელუენტის კონცენტრირებას ვაკუუმის პირობებში 40°C და მიღებული კონცენტრატის აღდგენა 1 – 2 მლ 80 % მეთანოლით (მეთანოლით აღდგენის მოცულობა დამოკიდებულია ფენოლური ნაერთების კონცენტრაციით ელუენტში). ნიმუშის მომზადების დასასრულს ნიმუშს ვფილტრავდით 0,45-მიკრონიან ფილტრში. ინდივიდუალური ნაერთების იდენტიფიკაცია ხდებოდა ულტრაეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიებით UPLC, ფოტოდოდური მატრიცისა (PDA) და მას (MS) დეტექტორების გამოყენებით.

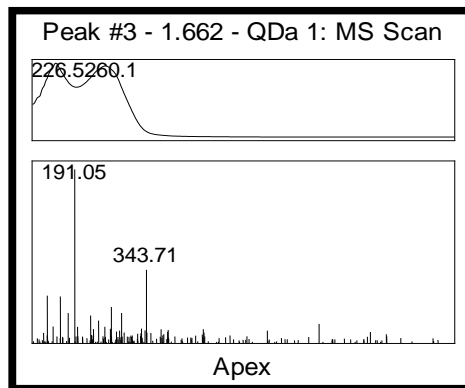


სურათი 12. აკაციის თაფლის UPLC-PDA MS ქრომატოგრამა (სკანირება 205-500 nm)



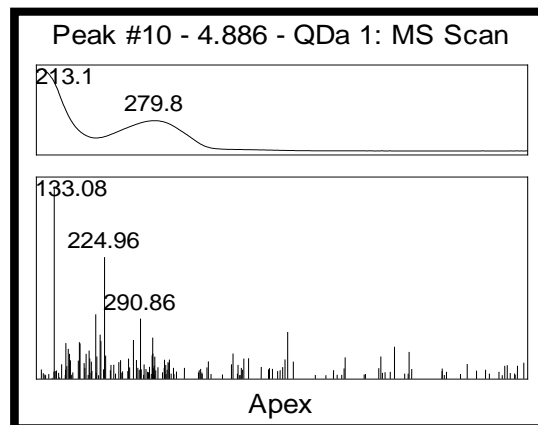
სურათი 13. თაფლის UPLC- PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 194,94 (M-H⁻)

ნივთიერება 1 $-\text{[M-H]}^-$ - m/z 194,94, შეკავების დრო 1.328 წთ, METLIN ნაერთების მასების ბაზისა და ლიტერატურული მონაცემების (DOI: 10.22616/rrd.25.2019.034) შესაბამისად ნივთიერება 1 შეესაბამება გლუკონის მჟავას (Gluconic acid, 2,3,4,5,6-Pentahydroxyhexanoic acid) ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$) (სურათი 13).



სურათი 14. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 191 (M-H⁻)

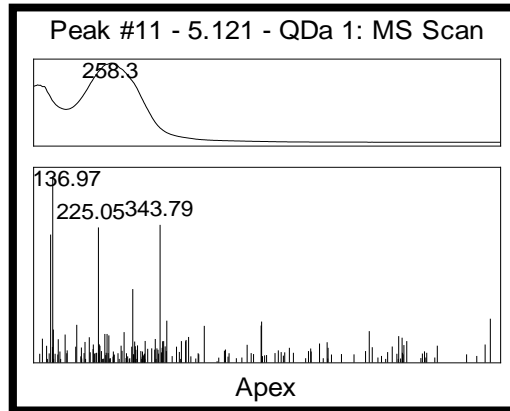
ნივთიერება 2 $-\text{[M-H]}^-$ - m/z 191, შეკავების დრო 1.662 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV-225.5 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 2 შეესაბამება კინაქინის მჟავას (Quinic acid, 1,3,4,5-Tetrahydroxycyclohexane-1-carboxylic acid) ($\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_6$) (სურათი 14).



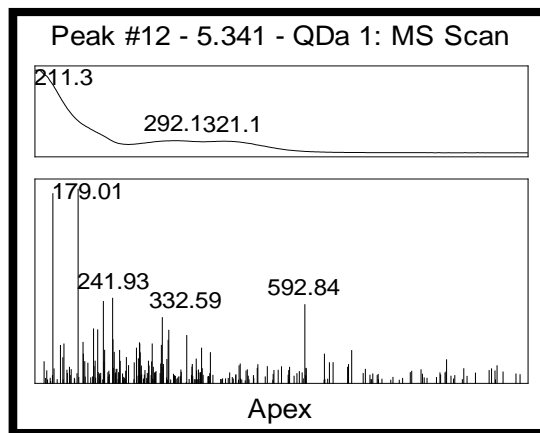
სურათი 15. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 133,08 (M-H⁻)

ნივთიერება 3 $-\text{[M-H]}^-$ - m/z 133.08, შეკავების დრო 4.886 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV-213.1 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზისა და ლიტერატურული მონაცემების (DOI:

10.22616/rrd.25.2019.034) შესაბამისად ნივთიერება შეესაბამება ვაშლმჟავას (Malic acid, 2-Hydroxybutanedioic acid) ($C_4H_6O_5$) (სურათი 15).



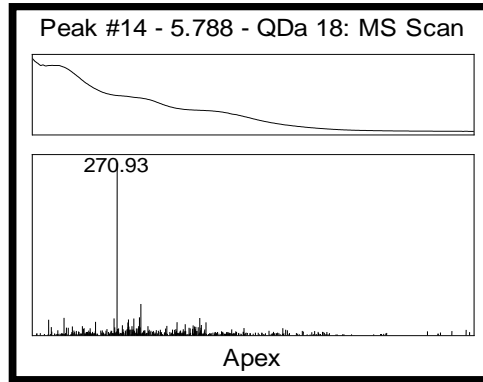
სურათი 16. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 136,97 ($M-H^-$) ნივთიერება 4 - [$M-H^-$] - m/z 136.97, შეკავების დრო 5,121 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 258,3 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 4 შეესაბამება 4 ჰიდროქსიბენზოის მჟავას (4 Hydroxybenzoic acid) ($C_7H_6O_3$) (სურათი 16).



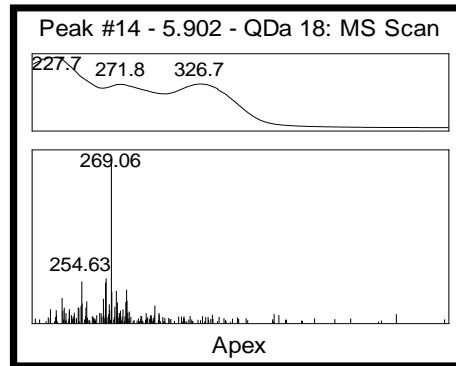
სურათი 17. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 179,01 ($M-H^-$) ნივთიერება 5 - [$M-H^-$] - m/z 179,01, შეკავების დრო 5,341 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 211.3 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 5 შეესაბამება კოფეინის მჟავას (Caffeic acid, 3-(3,4-Dihydroxyphenyl)-2-propenoic acid) ($C_9H_8O_4$) (სურათი 17).

ნივთიერება 6 - [$M-H^-$] - m/z 270,93, შეკავების დრო 5,778 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 271.8 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 6 შეესაბამება

პინობანქსინი (Pinobanksin, (2 R ,3 R)-3,5,7-Trihydroxyflavan-4-one) (C₁₅H₁₂O₅) (სურათი 18).

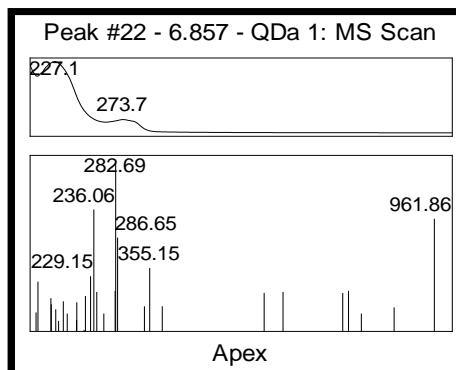


სურათი 18. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 270,93 (M-H⁻)



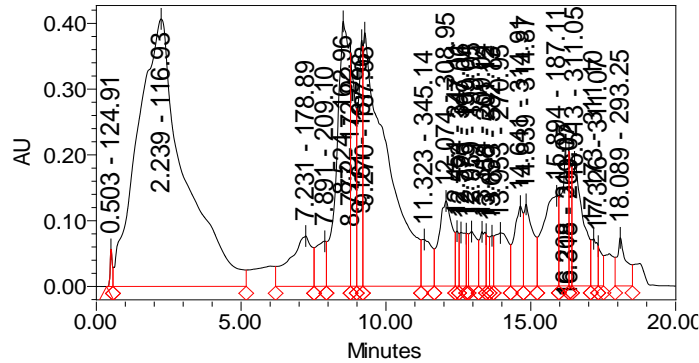
სურათი 19. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 269 (M-H⁻)

ნივთიერება 7 - [M-H⁻] - m/z 269, შეკავების დრო 5,902 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV-271.8 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 7 შეესაბამება აპიგენინს (Apigenin, 4',5,7-Trihydroxyflavone) (C₁₅H₁₀ O₅) (სურათი 19).

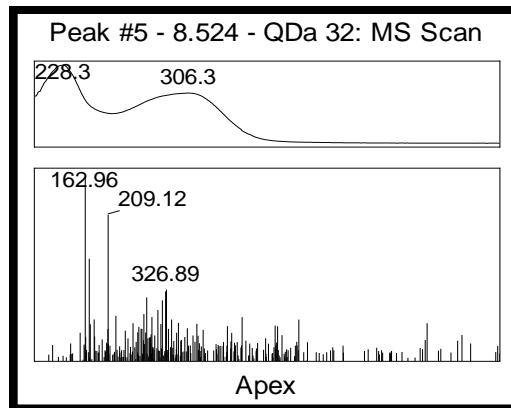


სურათი 20. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 282,69 (M-H⁻)

ნივთიერება 8 - [M-H⁻] - m/z 282.69, შეკავების დრო 6.857 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 227.1 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 8 შეესაბამება აკაცეტინს (Acacetin, 5,7-Dihydroxy-4'-methoxyflavone) (C₁₆H₁₂O₅) (სურათი 20).

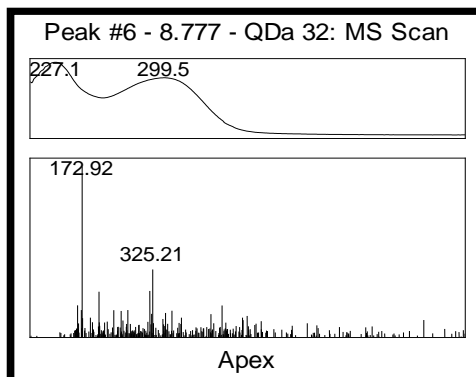


სურათი 21. აკაცეტინის თაფლის UPLC-PDA MS ქრომატოგრამა (სკანირება 205-500 nm 100-700 დალტონი)

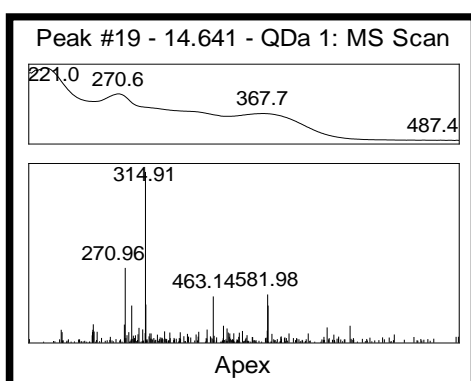


სურათი 22. თაფლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 162,96 (M-H⁻) ნივთიერება 9 - [M-H⁻] - m/z 162,96, შეკავების დრო 8,524 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 228,3 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 9 შეესაბამება - p - კოუმარის მჟავას, (p-Coumaric acid (trans 4-Hydroxycinnamic acid)) (C₉H₈O₃) (სურათი 22).

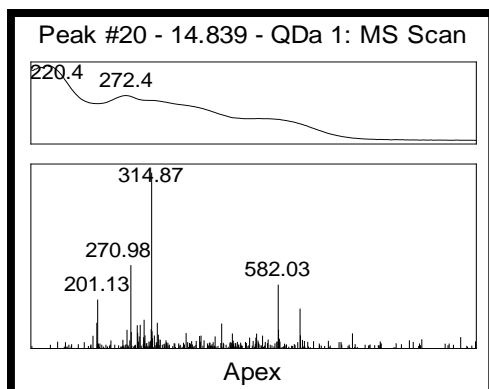
ნივთიერება 10 - [M-H⁻] - m/z 172,92, შეკავების დრო 8,777 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 227,1 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 10 შეესაბამება შიკიმის მჟავას, (Shikimic acid; 3,4,5-trihydroxycyclohexene-1-carboxylic acid) (C₇H₁₀O₅) (სურათი 23).



სურათი 23. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 172,92 (M-H⁻)



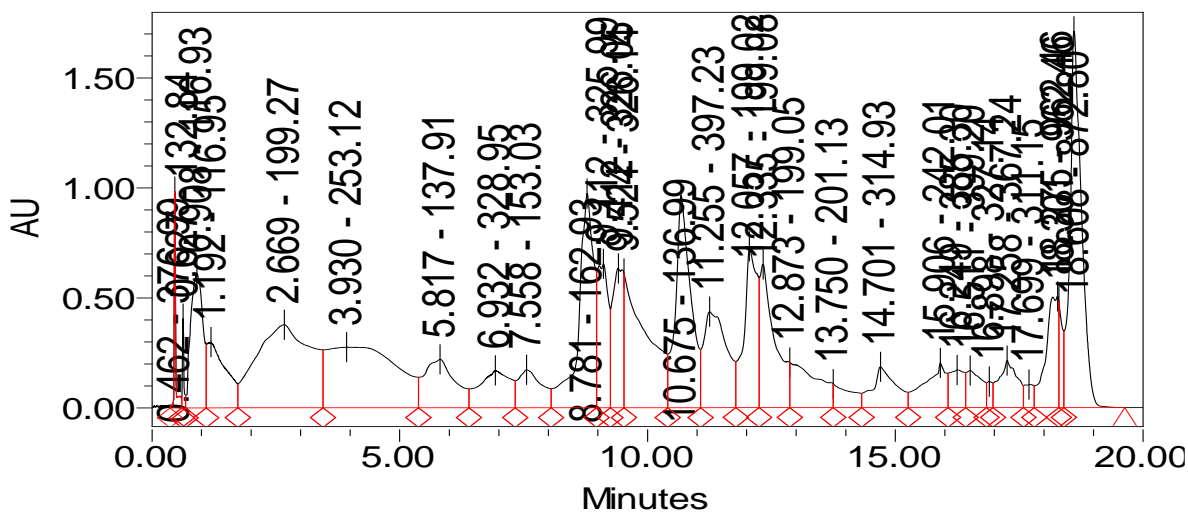
სურათი 24. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 314,91 (M-H⁻)



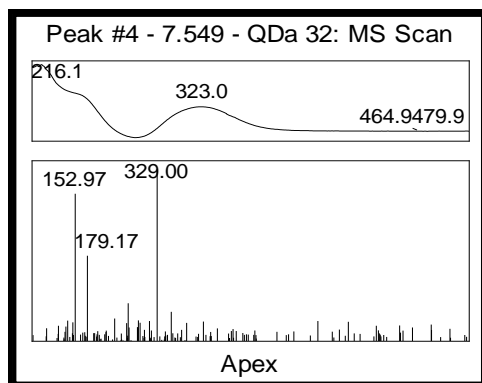
სურათი 25. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 314,87 (M-H⁻)

ნივთიერება 11 - [M-H⁻] - m/z 314.91, შეკავების დრო 14.641 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 270.6 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 12 შეესაბამება მეთოქსი კემფეროლს - (methoxy kaemperol, 6-Methoxy-3,5,7,4'-tetrahydroxyflavone) (C₁₆H₁₂O₇) (სურათი 24).

ნივთიერება 12 - [M-H⁻] - m/z 314.87, შეკავების დრო 14.839 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 272.4 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 12 შეესაბამება იზორამნეტინს - (Isoramnetin, 3,4',5,7-Tetrahydroxy-3'-methoxyflavone) (C₁₆H₁₂O₇) (სურათი 25).

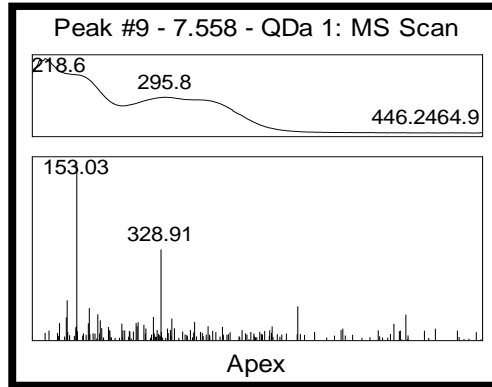


სურათი 26. წაბლის თაფლის UPLC-PDA MS ქრომატოგრამა (სკანირება 205-500 nm 100-700 დალტონი)

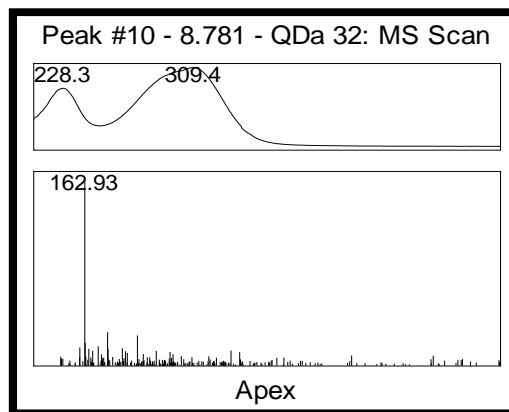


სურათი 27. თაფლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 329 (M-H⁻)

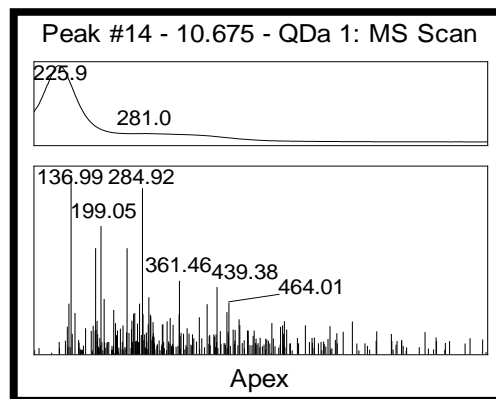
ნივთიერება 13 - [M-H⁻] - m/z 329, შეკავების დრო 7,549 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 216.1 nm. METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 13 შეესაბამება (Bis - Methylated quercetin, 3,5,7-trihydroxy-2-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl)-4H-1-benzopyran-4-one) (C₁₆H₁₂O₇) (სურათი 27).



სურათი 28. თაფლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 153,03 (M-H⁻)



სურათი 29. თაფლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 162,93 (M-H⁻)



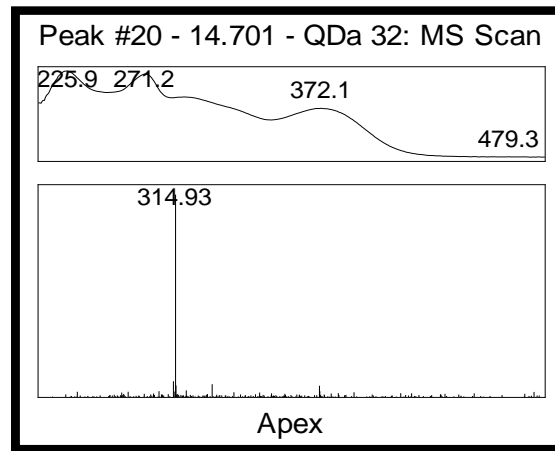
სურათი 30. თაფლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 136,99 (M-H⁻)

ნივთიერება 14 - [M-H⁻] - m/z 153,03, შეკვების დრო 7.558 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 218.6 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 14

შესაბამება - 2,5 დიჰიდროქსიბენზოის მჟავას Gentisic acid (2,5 - Dihydroxybenzoic acid) ($C_7H_6O_4$) (სურათი 28).

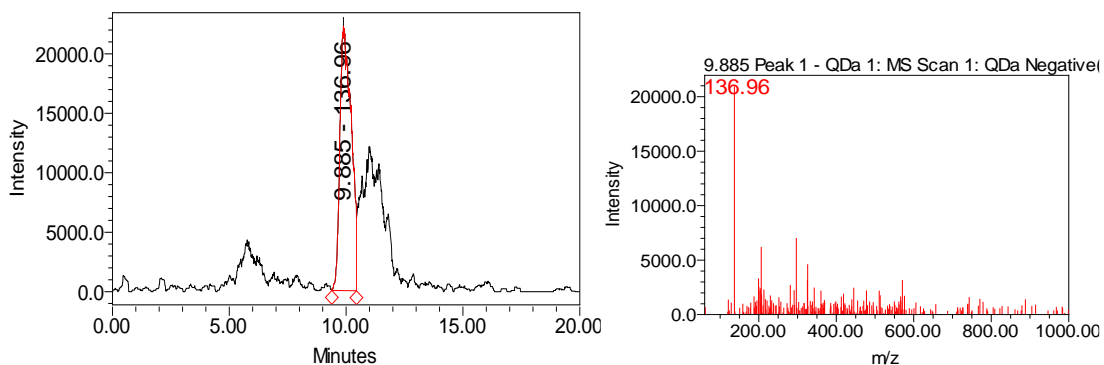
წაბლის თავლში ნივთიერება ESI m/z 162,93 (M-H⁻) იდენტიფიცირებულია, როგორც ნივთიერება 9 – p კოუმარის მჟავა (p – Coumaric acids) (სურათი 29).

ნივთიერება 15 -[M-H⁻] - m/z 136.99, შეკავების დრო 10.675 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 225.9 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 15 შესაბამება - Salicylic acid (O Hydroxybenzoic acid) ($C_7H_6O_3$) (სურათი 30).



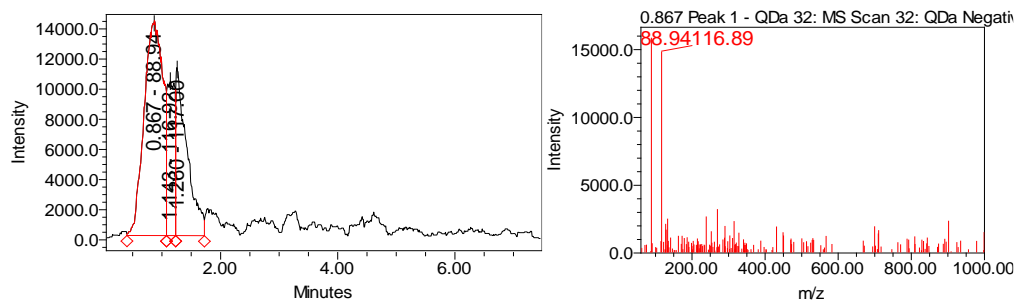
სურათი 31. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 314,93 (M-H⁻)

წაბლის თავლში ნივთიერება ESI m/z 314,93 (M-H⁻) იდენტიფიცირებულია, როგორც ნივთიერება 12 – იზორამნეტინი (Isoramnetin, 3-Methylquercetin) ($C_{16}H_{12}O_7$) (სურათი 31).



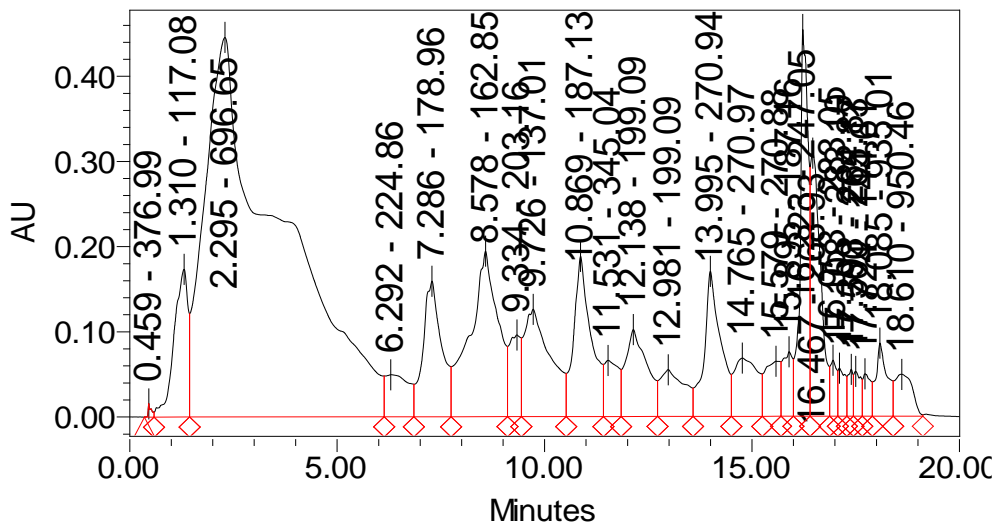
სურათი 32. ნივთიერება 16 - ის UPLC-PDA-MS სპექტრი m/z 136.96

ნივთიერება 16 - [M-H⁻] - m/z 136.96, შეკავების დრო 9.885 წთ, METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 16 შეესაბამება - 2.5 დიჰიდროქსილბენზალდეჰიდს Gentaldehyde (2,5-Dihydroxybenzaldehyde) (C₇H₆O₃) (სურათი 32).



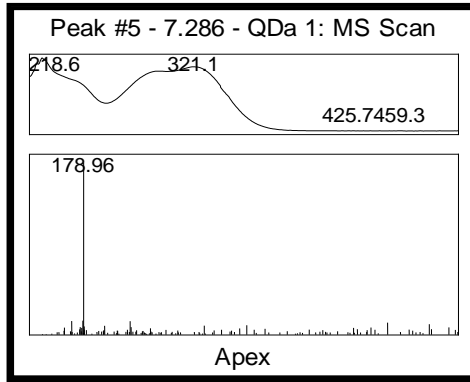
სურათი 33. ცაცხვის თაფლის UPLC- PDA -MS ქრომატოგრამა m/z 88,94 (M-H⁻)

ნივთიერება 17 - [M-H⁻] - m/z 88,94, შეკავების დრო 0,869 METLIN ნაერთების მასების ბაზისა და და ლიტერატურული მონაცემების (DOI: 10.22616/rrd.25.2019.034) შესაბამისად ნივთიერება 17 შეესაბამება მჟაუნმჟავას (Oxalic acid, ethanedioic acid) (H₂C₂O₄) (სურათი 33).

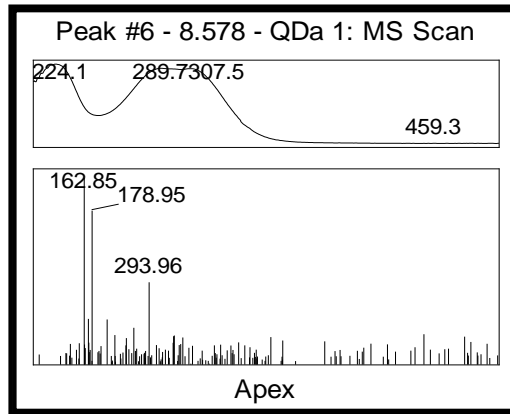


სურათი 34. ცაცხვის თაფლის UPLC-MS ქრომატოგრამა (სკანირება 100-700 დალტონი) წაბლის თაფლში ნივთიერება ESI m/z 178,96 (M-H⁻) იდენტიფიცირებულია, როგორც ნივთიერება 5 – კოფეინის მჟავა (Caffeic acid, 3-(3,4-Dihydroxyphenyl)-2-propenoic acid) (სურათი 35).

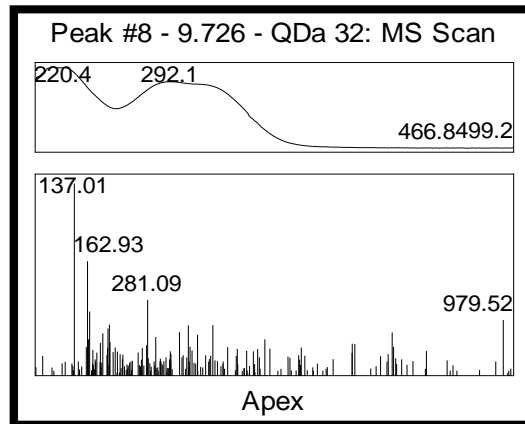
წაბლის თაველში ნივთიერება ESI m/z 162,58 (M-H⁻) იდენტიფიცირებულია, როგორც ნივთიერება 9 – p კოუმარის მჟავა (p – Coumaric acids) (სურათი 36.).



სურათი 35. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 178,96 (M-H⁻)

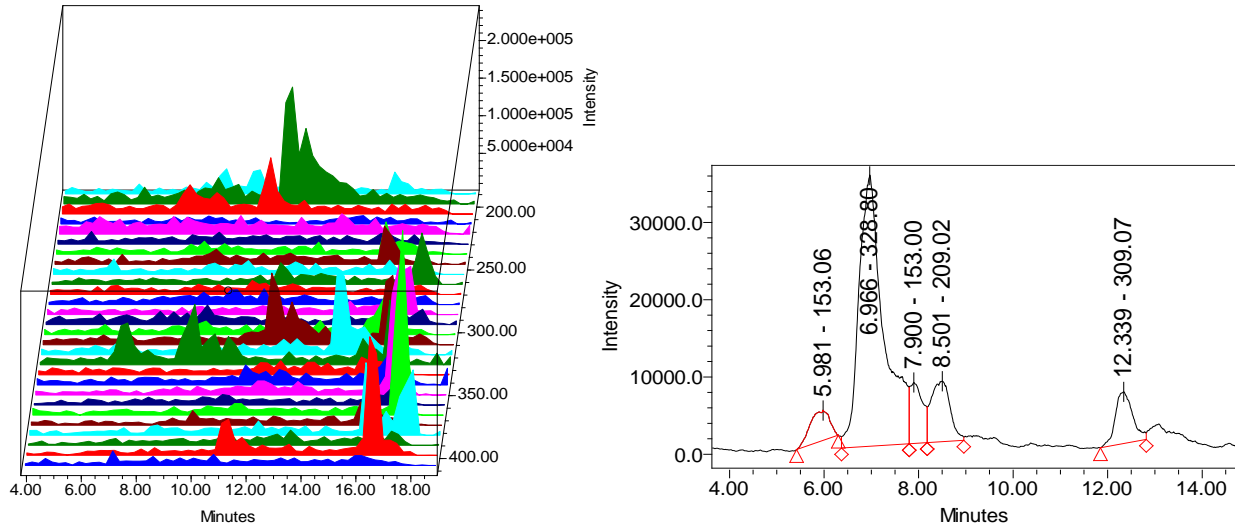


სურათი 36. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 162,58 (M-H⁻)



სურათი 37. თავლის UPLC-PDA-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 137,01 (M-H⁻)

ნივთიერება 18 - [M-H⁻] - m/z 137.01, შეკავების დრო 9.726 წთ, შთანთქმის მაქსიმუმი UV- 220,4 nm METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 18 შეესაბამება ჰიდროქსიბენზოის მჟავას - (Hydroxybenzoic acid) (C₇H₆O₃) (სურათი 37.).



სურათი 38. ჯარას თაფლის UPLC-MS ქრომატოგრამა (სკანირება 100-700 დალტონი);
თაფლის UPLC-MS ქრომატოგრამა ESI m/z153,06 (M-H⁻), m/z328 (M-H⁻) და
m/z153 (M-H⁻),

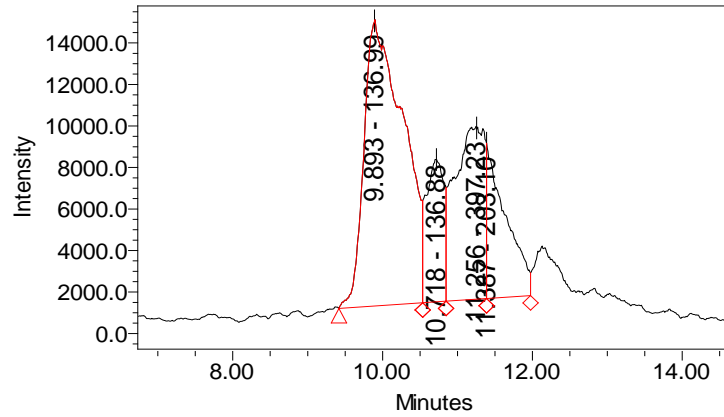
ნივთიერება 19 - [M-H⁻] - m/z 153,06, შეკავების დრო 5,981 წთ, METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 19 შეესაბამება 2.4 - დიჰიდროქსიბენზოის მჟავას (2,4 - Dihydroxybenzoic acid (Resorcylic acid) (C₇H₆O₄)) (სურათი 38).

ჯარას თაფლში ნივთიერება ESI m/z 328,8 (M-H⁻) იდენტიფიცირებულია, როგორც ნივთიერება 13 – (Bis - Methylated quercetin) (სურათი 38)

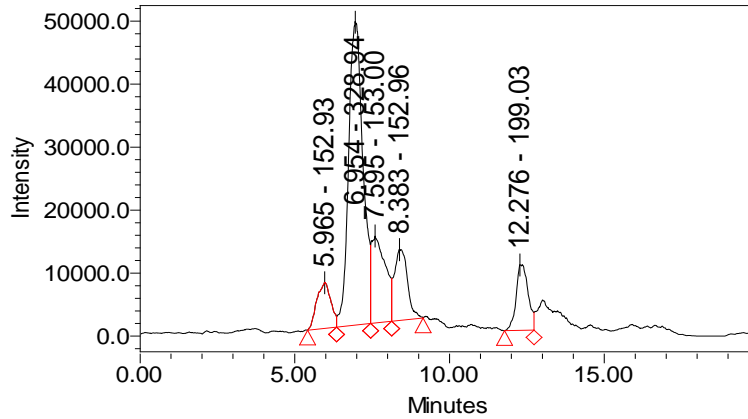
ჯარას თაფლში ნივთიერება ESI m/z 153 (M-H⁻) იდენტიფიცირებულია, როგორც ნივთიერება 14 – (Gentisic acid (2,5 - dihydroxybenzoic acid)) (სურათი 38).

ჯარას თაფლში ნივთიერება ESI m/z 136,99 (M-H⁻) იდენტიფიცირებულია, როგორც ნივთიერება 4 - 4 ჰიდროქსიბენზოის მჟავა (4 Hydroxybenzoic acid) (სურათი 39).

ჯარას თაფლში ნივთიერება ESI m/z 136,88 (M-H⁻) იდენტიფიცირებულია, როგორც ნივთიერება 15 - o - ჰიდროქსიბენზოის მჟავა Salicylic acid (O Hydroxybenzoic acid) (სურათი 39).

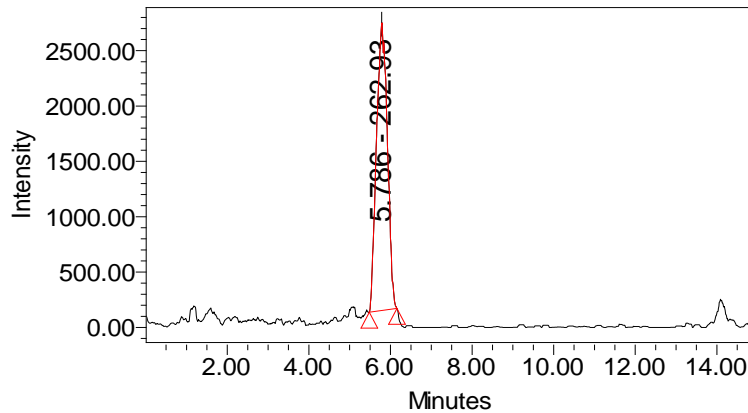


სურათი 39. თაფლის UPLC-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 136,99 (M-H⁻) და m/z 136,88 (M-H)



სურათი 40. თაფლის UPLC-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 153 (M-H)

ნივთიერება 20 - [M-H⁻] - m/z 153, შეკავების დრო 7.595 წთ, METLIN წაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 20 შეესაბამება (Protocatechuic acid, 3,4-Dihydroxybenzoic acid) (C₇H₆O₄) (სურათი 40).



სურათი 41. თაფლის UPLC-MS ქრომატოგრამა ESI m/z 262,93 (M-H)

ცხრილი 7

თაფლის ბიოლოგიურად აქტიურ ნაერთთა UPLC – PDA – MS მეთოდით კვლევა					
№	ნაერთები	აკაციის თაფლი	წაბლის თაფლი	ცაცხვის თაფლი	ჯარას თაფლი
ორგანული მჟავები					
1	ვაშლმჟავა	+	-	-	-
2	გლუკონის მჟავა	+	-	-	-
3	მჟაუნმჟავა	-	-	+	-
4	ქინაქინის მჟავა	+	-	-	-
ფენოლკარბომჟავები					
5	4 ჰიდროქსიბენზოის მჟავა	+	-	-	+
6	აბცისის მჟავა	-	-	-	+
7	კოფეინის მჟავა	+	-	+	-
8	პროტოკატეჟინის მჟავა	-	-	-	+
9	P - კოუმარის მჟავა	+	+	+	-
10	შიკიმის მჟავა	+	-	-	-
11	2.5 დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა	-	+	-	+
12	სალიცილის მჟავა (O - ჰიდროქსიბენზოის მჟავა)	-	+	-	+
13	ჰიდროქსიბენზოის მჟავა	-	-	+	-
14	2.4 დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა	-	-	-	+
ფლავონოიდები					
15	პინობაქსინი	+	-	-	-
16	აპიგენინი	+	-	-	-
17	აკაცეტინი	+	-	-	-
18	მეთოქსი კემფეროლი	+	-	-	-
19	იზორამნეტინი	+	+	-	-
20	ბის მეთილ კვერცეტინი	-	+	-	+
21	გენტისალდეჰიდი	-	+	-	-

ნივთიერება 21 - [M-H -] - m/z 262,93, შეკავების დრო 5,786 წთ, METLIN ნაერთების მასების ბაზის შესაბამისად ნივთიერება 21 შეესაბამება (Abscisic acid, 1-hydroxy-2,6,6-

trimethyl-4-oxocyclohex-2-en-1-yl]-3-methylpenta-2,4-dienoic acid) (C₁₅H₂₀O₄) (სურათი 41).

ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებიდან იდენტიფიცირებულ იქნა 21 ნაერთი: 4 ორგანული მჟავა (ვაშლმჟავა, გლუკონის მჟავა, მჟაუნმჟავა, ქინაქინის მჟავა), 10 ფენოლკარბომჟავა (4 ჰიდროქსიბენზოის მჟავა, აბცისის მჟავა, კოფეინის მჟავა, პროტოკატექინის მჟავა, P - კოუმარის მჟავა, შიკიმის მჟავა, 2.5 - დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა, სალიცილის მჟავა, ჰიდროქსიბენზოის მჟავა, 2.4 - დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა), 7 ფლავონოიდი (პინობაქსინი, აპიგენინი, აკაცეტინი, მეთოქსი კემფეროლი, იზორამნეტინი, ბის მეთილ კვერცეტინი, გენტისალდეჰიდი).

მხოლოდ აკაციის თაფლში იქნა იდენტიფიცირებული ვაშლის, გლუკონის და ქინაქინის მჟავა, ცაცხვის თაფლში მჟაუნმჟავა.

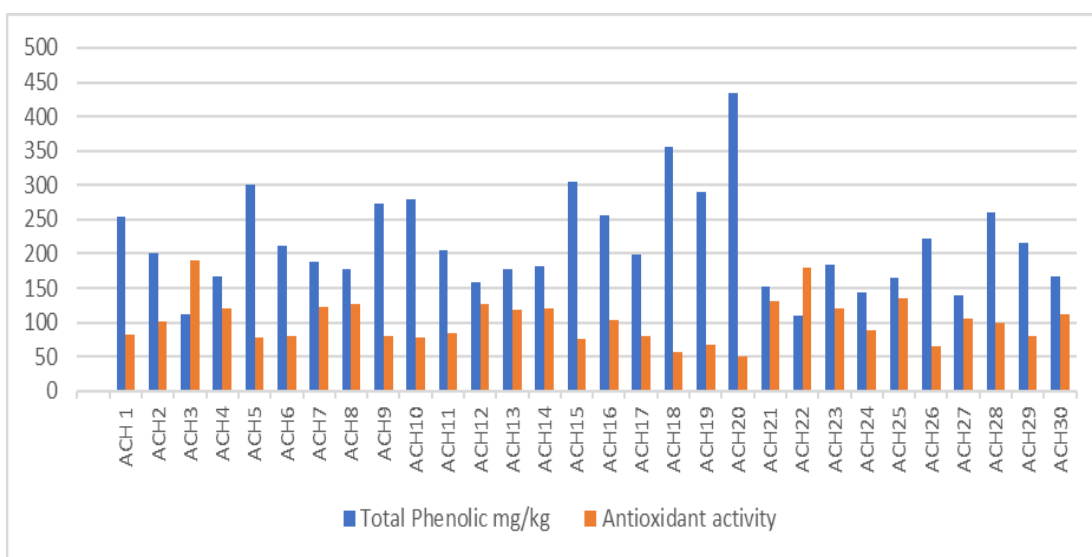
ფენოლკარბომჟავებიდან: შიკიმინის მჟავა - აკაციის თაფლში, ჰიდროქსიბენზოის მჟავა - ცაცხვის თაფლში, 2,4 - დიჰიდროქსიბენზოისა და აბცისის მჟავა ჯარას თაფლში. ბენზოის მჟავას წარმოებულები ძირითადად გვხვდება წაბლისა და ჯარას თაფლში.

ფლავონოიდებიდან იზორამნეტინი გვხვდება აკაციისა და წაბლის თაფლში. პინობაქსინი, აპიგენინი, აკაცეტინი და მეთოქსი კემფეროლი იდენტიფიცირებულია აკაციის თაფლში, გენტისალდეჰიდი - წაბლის თაფლში, ბის მეთილ კვერცეტინი კი წაბლისა და ჯარას თაფლში.

იდენტიფიკაციის შედეგები ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებთან ერთად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, როგორც მარკერი თაფლის ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურებისათვის.

2.8. თაფლის საერთო ფენოლების, ფლავონოიდების, ფენოლკარბომჟავების შემცველობის შესწავლა და ანტიოქსიდანტური აქტივობის განსაზღვრა

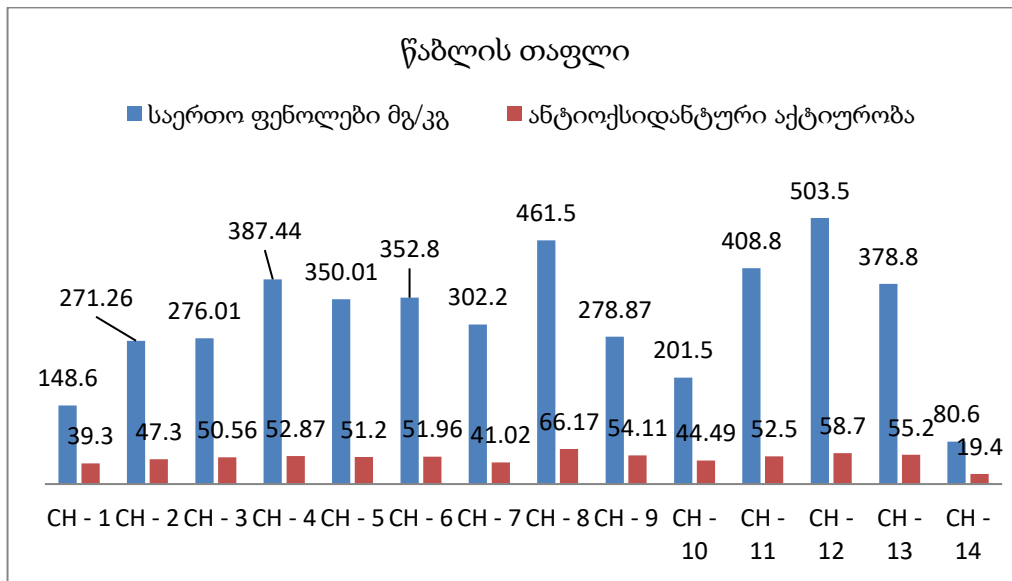
თაფლი შეიცავს ბიოლოგიურად აქტიურ ფენოლურ ნაერთებს, რომლებიც თაფლში ხვდება ყვავილის ნექტიდან ან ცვარტკბილადან [16,99]. თაფლის, როგორც ფენოლური ნაერთების შემცველობა, ასევე ანტიოქსიდანტური აქტივობა დამოკიდებულია მის ბოტანიკურ და გეოგრაფიულ წარმოშობაზე [102,120].



დიაგრამა 53. აკაციის თაფლის საერთო ფენოლები და ანტიოქსიდანტური აქტივობა

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, აკაციის თაფლში საერთო ფენოლების რაოდენობა 109 – 433 მგ/კგ-ის ფარგლებშია. იმერეთის თაფლის ნიმუშებში საშუალო მაჩვენებელი 216,64 მგ/კგ (112 - 279 მგ/კგ), გურიის ნიმუშებში - 256,04 მგ/კგ (158,64-433 მგ/კგ) და 176,05 მგ/კგ (109-259,73 მგ/კგ) აჭარის ნიმუშებში. გურიის ნიმუშებში შედარებით მაღალია ფენოლების კონცენტრაცია. შესაბამისად, მაღალია ანტიოქსიდანტური აქტივობა. მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობა რიცხობრივად მცირე მნიშვნელობებით გამოიხატება, რადგანაც 433 მგ/კგ ფენოლების შემთხვევაში ამ ნიმუშის მხოლოდ 50,55 მგ საკმარისი იყო DPPH რადიკალის 50% ინჰიბირებისათვის,

ხოლო 158,64 მგ/კგ ფენოლების შემთხვევაში შედარებით მეტი - 126,5 მგ თავლის ნიმუში.

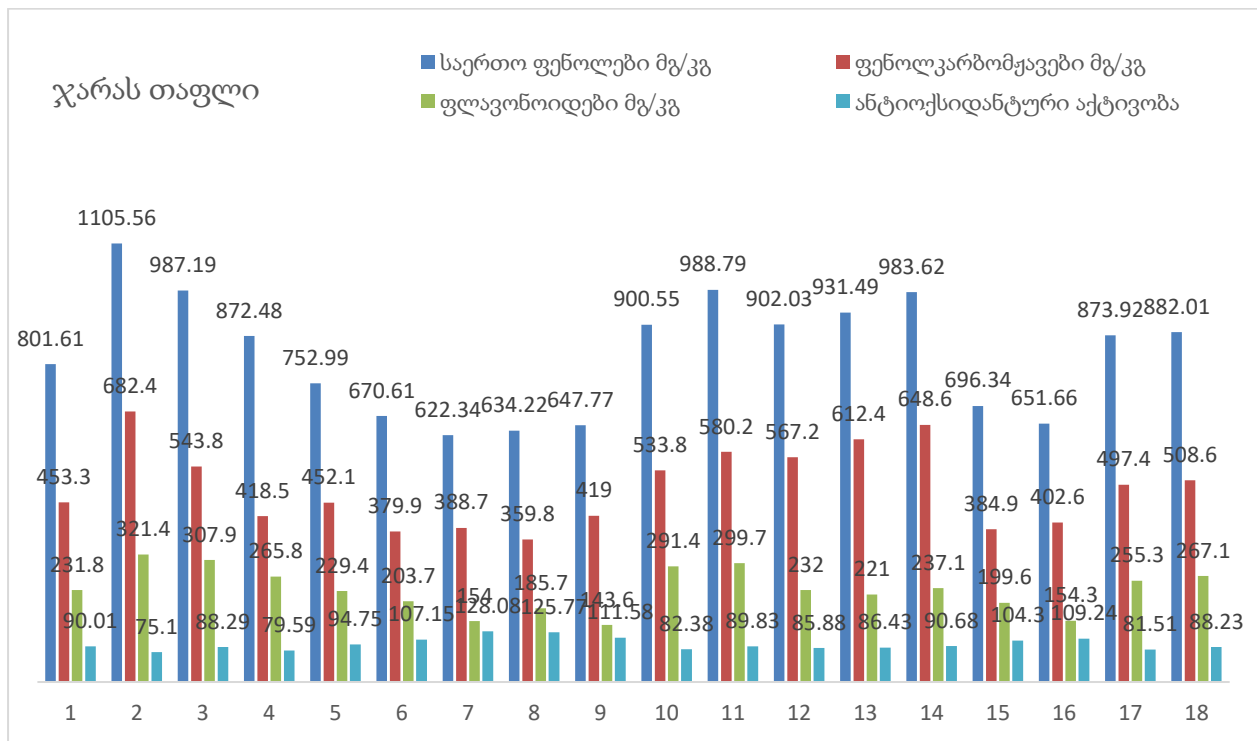


დიაგრამა 54. წაბლის თაფლის საერთო ფენოლები და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა

წაბლის თაფლში ფენოლების საერთო შემცველობა და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა განსხვავებულია რეგიონების მიხედვით. კერძოდ, ბათუმის ბოტანიკური ბაღის ნიმუშში, CH–12, აღინიშნება მაღალი ფენოლური შემცველობა 503,5მგ/კგ. მას მოსდევს ქედის ნიმუში CH–8 - 461,5მგ/კგ და ყველაზე დაბალი შემცველობა ფიქსირდება ლეჩხუმის რაიონის წაბლის თაფლის ნიმუშში CH–14 - 80,6 მგ/კგ.

ჯარას თაფლში საერთო ფენოლების შემცველობა იცვლება 622-დან-1105,56მგ/კგ-მდე. ფენოლების საშუალო მაჩვენებლის მიხედვით, ქედისა (788,31მგ/კგ) და ხულოს (817,51 მგ/კგ) ნიმუშებში ფენოლების შემცველობა თითქმის თანაბარია, მაგრამ ქედის თაფლში ნიმუშებს შორის სხვაობა ფიქსირდება, კერძოდ, JH 6 – 9 ჩათვლით ფენოლების შემცველობა 643,73 მგ/კგ (საშუალო მაჩვენებელი). შედარებით მაღალი შემცველობა დაფიქსირდა მესამე (987,19 მგ/კგ) და მეორე ნიმუშში (1105,56 მგ/კგ). მსგავსი სხვაობა ფიქსირდება ხულოს ჯარას თაფლის ნიმუშებში. საერთო ფენოლების შემცველობა, საშუალო მაჩვენებლის მიხედვით, შედარებით მაღალია შუახევის თაფლში 930,72 მგ/კგ.

ფენოლკარბომჟავების შემცველობა ჯარას თაფლის ნიმუშებში იცვლება 359,8-დან 682,4 მგ/კგ-მდე, რაც შეადგენს საერთო ფენოლების შემცველობის 45-65%-ს. ფენოლკარბომჟავების რაოდენობა (საშუალო მაჩვენებლის მიხედვით), საერთო ფენოლების შემცველობის მსგავსად, შუახევის ნიმუშებში გაცილებით მეტია და იგი შეადგენს 573,40 ერთეულს, ხოლო ქედისა (455,25მგ/კგ) და ხულოს (488,42 მგ/კგ) ნიმუშებში თითქმის თანაბარია. მაღალი შემცველობა დაფიქსირდა JH - 2 (682,4 მგ/კგ), JH - 13 (612,4 მგ/კგ) და JH - 14 (648 მგ/კგ), ხოლო ყველაზე დაბალი შემცველობა JH1-ს ჰქონდა (453,3 მგ /კგ).



დიაგრამა 55. ჯარას თაფლის საერთო ფენოლები, ფენოლკარბომჟავები, ფლავონოიდები და ანტიოქსიდანტური აქტივობა.

ჯარას თაფლის ნიმუშებში ფლავონოიდების საერთო შემცველობა განსხვავებულია და მისი მნიშვნელობა 75,1 – 321,9 მგ/კგ-მდე იზრდება, შედარებით მაღალი დაფიქსირდა JH - 2 (321,9 მგ/კგ) და JH - 3 (307,9 მგ/კგ), შედარებით ნაკლები JH - 6 (107,15). მგ/კგ), JH - 9 (111,58 მგ/კგ), JH - 15 (104,3 მგ/კგ) და JH -16 (109,24 მგ/კგ), სხვა ნიმუშებში შემცველობა თითქმის თანაბარია.

ჯარას თაფლის ნიმუშებს შორის ფენოლების საერთო შემცველობა 801,61-დან 1105,56 მგ/კგ-მდე, ამიტომ მათ აქვთ შედარებით მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობა, კერძოდ, 75,1. 90-მდე, 68 მგ-მდე, ხოლო 622,34 - 752,95 მგ/კგ საერთო ფენოლების ინჰიბირებას _ 94,75 - 128,08 მგ თაფლი. წარმოდგენილ ნიმუშებში შედარებით მაღალი აქტივობით (75,1 მგ, თაფლის 50% ინჰიბირება 0,1 მმ DPPH) გამოირჩევა ქედის მუნიციპალიტეტში მოყვანილი თაფლი - JH – 2, რომელიც შეიცავს დიდი რაოდენობით საერთო ფენოლებს (1105,56 მგ/კგ), ფენოლკარბომჟავებსა (682.4 მგ/კგ) და ფლავონოიდებს (321.4 მგ/კგ) .

მიღებული შედეგების შეჯერებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჯარას თაფლში მეტია ფენოლური ნაერთების შემცველობა და, შესაბამისად, ანტიოქსიდანტური აქტივობაც.

2.9. ანდრომედოტოქსინის ანალიზი UPLC PDA-MS მეთოდით;

ხშირია შემთხვევები, როცა მომხმარებლები ფიქრობენ, რომ „ნატურალური პროდუქტი“ უვნებელია. მაგრამ ტოქსინი, რომელიც შეიძლება აღმოჩნდეს საკვებში, ადამიანის ჯანმრთელობისათვის სახიფათოა[191]. თავლი, როგორც ნატურალური დამატკობელი, მსოფლიოში ერთ-ერთი ხშირად მომხმარებადი პროდუქტია და მასზე მოთხოვნა წლიდან წლამდე იზრდება. თუმცა, თავლის უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული პრობლემები ხშირია[177]. განსაკუთრებით მაშინ, როცა ფუტკარი ნექტარს აგროვებს შხამიანი მცენარეებისგან (*Rhododendron sp*, *Pieris*, *Agarista*, *Kalmia*, *Coriaria arborera*, *Tripterygium wilfordii* Hook F.). ასეთი თავლი შეიცავს გრაიანოტოქსინს (*graiantoxins*), ტრიპტოლიდს (*triptolides*), ტუტინს (*tutin*) და პიროლიზიდურ ალკალოიდებს (*pyrrolizidine alkaloids*) [65]. ტოქსიკური თავლის გამოიყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს ძლიერი ინტოქსიკაცია და იშვიათ შემთხვევაში შესაძლოა, ფატალური შედეგიც დადგეს [163,177].

მთიან აჭარაში ალპური და სუბალპური ტყეების ზონა გამოირჩევა თავლოვანი მცენარეების მრავალფეროვნებით [5,195,196], შესაბამისად, ამ ტერიტორიაზე მოწეული თავლის უმეტესობა პოლიფლორულია და მდიდარია ქიმიური შემადგენლობით. თავლოვანი მცენარეების აყვავებას ცივი და გვიანი გაზაფხულის პირობებში წინ უსწრებს როდოდენდრონის ყვავილობა, რომელიც შეიცავს ტოქსინს. შესაბამისად, დიდია ალბათობა იმისა, რომ ფუტკარმა აიღოს როდოდენდრონის ნექტარი და ტოქსინი მოხვდეს თავლის შემადგენლობაში [66,126,130,138].

იელი - *Rhododendron luteum*, როდოდენდრონის ამ სახეობას უკავშირდება მაღალმთიან აჭარაში „შხამიანი“ („მაწყენარა“, „მათრობელა“) თავლის მოპოვება. იელის დიდი რაოდენობით ნექტრის მოხვედრის შემდეგ თავლი ტოქსიკური ხდება [138], ტოქსიკური თავლი ძირითადად მოწითალო ყავისფერია და ხასიათდება მომწარო გემოთი [195,152,33,88].

გრაიანოტოქსინი, ასევე ცნობილია, როგორც ანდრომედოტოქსინი, აცეტილანდრომედოლი და როდოტოქსინი [46,66]. იგი მაღალ ტოქსიკური

დიტერპენოიდული ნაერთია. დღეისათვის დარეგისტრირებულია გრაიანოტოქსინის 25 იზომერული ფორმა. მათ შორის გრაიანოტოქსინი I, II და III თავლში ყველაზე მეტად გავრცელებული ტოქსინია [152,88].

გრაიანოტოქსინ-III-ის იდენტიფიკაციისთვის 5 გ თავლის ნიმუში შერეული იქნა 30 მლ მეთანოლთან, რომელსაც ვათავსებდით მჯღრეველაზე 60°C ტემპერატურაზე 6 საათის განმავლობაში. მიღებული ექსტრაქტი ვაკუუმ ამორთქლებლით იქნა დაკონცენტრირებული მშრალ მასამდე (INGOS RVO 400) 40°C-ზე. შედეგად მშრალი მასა გავხსენით 10 მლ გამობდილ წყალში და დატანილ იქნა C18 (SPE) კარტრიჯზე (Waters Sep-Pak, Vac 6cc, C18 – 500 მგ). კარტრიჯი თავდაპირველად გააქტივებული იყო 5 მლ მეთანოლით, შემდეგ გაწონასწორებული 5 მლ წყლით. C18 SPE-დან 5 მლ მეთანოლით ელუირებულ იქნა ტოქსინი. ელუირებული მეთანოლიანი ფრაქცია დავაკონცენტრირეთ მშრალ მასამდე ვაკუუმ ამორთქლებელში დაბალი წნევის ქვეშ 40°C-ზე. დავაფიქსირეთ მშრალი ნაშთის მასა, გავხსენით მეთანოლში და მოვამზადეთ ქრომატოგრაფირებისათვის.

ულტრა მაღალი სითხური ქრომატოგრაფირება (Waters, UPLC Acquity, QDa Detectore) გამოყენებული იყო გრაიანოტოქსინ-III-ის იდენტიფიკაციისთვის, ანალიტიკური სვეტი იყო Acquity UPLC BEN C18, მობილური ფაზა შედგებოდა 50:50 წყალი/მეთანოლისაგან, რომელიც შეიცავდა 1% ძმარმჟავას. 0,3 მლ/წთ ნაკადის სიჩქარით 8 წუთში გამოყოფილ იქნა GTX-III [48].

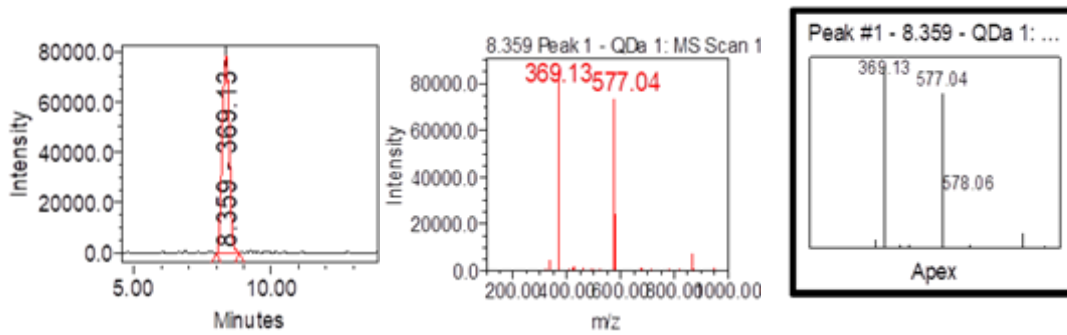
შედარებული იყო როდოდენდრონის ყვავილის ექსტრაქტი, მათრობელა თავლი და შემოდგომის პოლიფლორული თავლის 12 ნიმუში (ცხრილი 8). თავლის ნიმუშები აღებულ იქნა მაღალმთიან აჭარაში, ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე (ზღვის დონიდან 450 მ-დან 2040 მ-მდე).

საანალიზოდ აღებული შემოდგომის პოლიფლორული თაფლის ნიმუშები

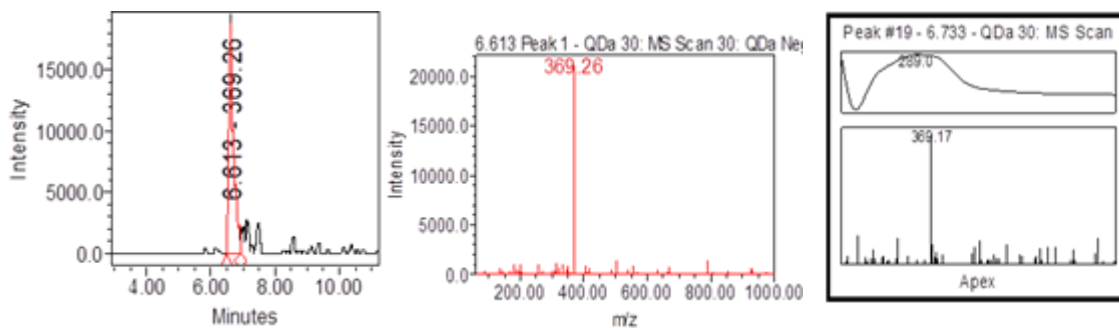
ცხრილი 8.

ნიმუში	დასახელება	აღების დრო	სიმაღლე ზღვის დონიდან, მ
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 1	AH - 1	2019	450
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 2	AH - 2	2019	600
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 3	AH - 3	2019	780
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 4	AH - 4	2019	1566
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 5	AH - 5	2019	720
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 6	AH - 6	2019	760
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 7	AH - 7	2019	1400
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 8	AH - 8	2019	1600
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 9	AH - 9	2019	923
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 10	AH - 10	2019	1000
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 11	AH - 11	2019	1750
შემოდგომის პოლიფლორული თაფლი 12	AH - 12	2019	2040

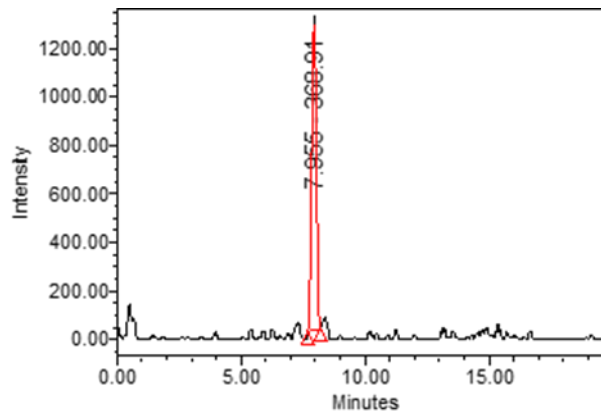
ნივთიერება 1 (სურ. 42.) შეკავების დრო 8,359 წთ, m/z 369 [M-H]⁻, λ max 289 ნმ; მიღებული შედეგებისა და ნაერთების მასის მონაცემთა ბაზის METLIN (<https://metlin.scripps.edu>) მიხედვით 1 ნივთიერება იდენტიფიცირებულ იქნა, როგორც გრაიანოტოქსინი-III. - C₂₀H₃₆O₆: m/z = 369.26 [M-H]⁻, მოლეკულური მასა: 370 გ/მოლი.



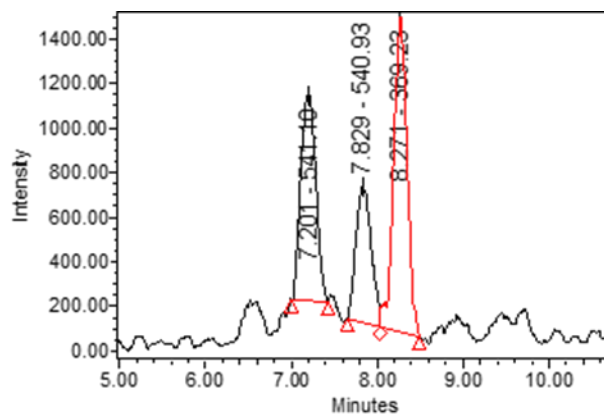
სურათი 42. როდოდენდრონის ყვავილის ქრომატოგრამა, scan ESI-MS m/z: 369 [M-H⁻]



სურათი 43. მატრობელა თაფლის ქრომატოგრამა, scan ESI-MS m/z: 369 [M-H⁻]

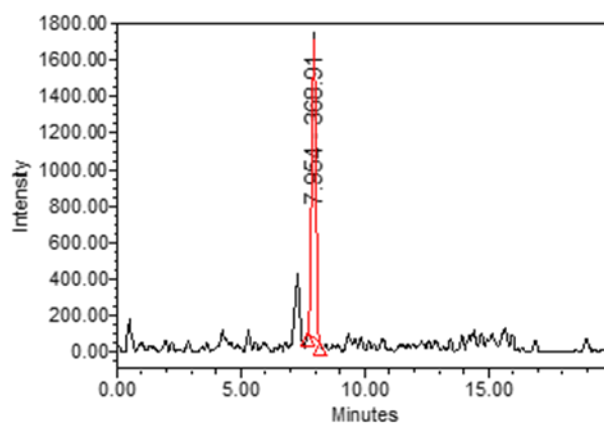


სურათი 44. (AH 4), შემოდგომის თაფლის ნიმუშების ქრომატოგრამა ; MSL –1566 m;
scan ESI-MS m/z: 369 [M-H⁻]



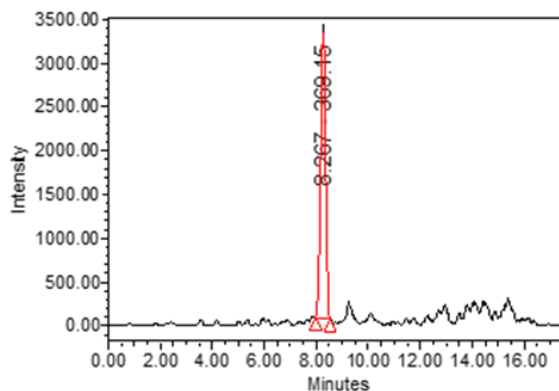
სურათი 45. (AH 7), შემოდგომის თავლის ნიმუშების ქრომატოგრამა; MSL – 1400 m;

scan ESI-MS m/z: 369 [M-H⁻]



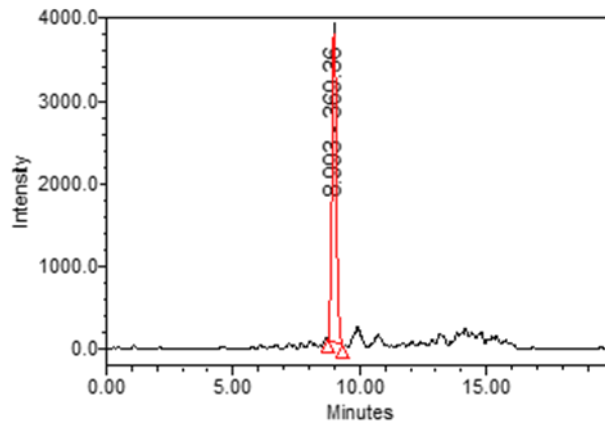
სურათი 46. (AH 8), შემოდგომის თავლის ნიმუშების ქრომატოგრამა; MSL – 1600 m;

scan ESI-MS m/z: 369 369 [M-H⁻]



სურათი 47. (AH 11), შემოდგომის თავლის ნიმუშების ქრომატოგრამა; MSL – 1750

m; scan ESI-MS m/z: 369 369 [M-H⁻]



სურათი 48. (AH 12), შემოდგომის თაფლის ნიმუშების ქრომატოგრამა; MSL – 2040 m; scan ESI-MS m/z: 369 [M-H]

გრაინოტოქსინი-III რაოდენობა შემოდგომის თაფლში

ცხრილი 9.

ნიმუში	გრაინოტოქსინი-III მგ/კგ
მათრობელა თაფლი	500±15
AH – 4	4.2±0.126
AH – 7	6.3±0.189
AH – 8	8.4±0.252
AH – 11	17.0±0.51
AH – 12	24.0±0.72

მიღებული შედეგების გაანგარიშებით, მათრობელა თაფლში ტოქსინის შემცველობა იყო 500 მგ/კგ. საანალიზოდ აღებულ თაფლის 12 ნიმუშს შორის ტოქსინი გამოვლინდა თაფლის 5 ნიმუშში, კერძოდ ზღვის დონიდან 1566, 1400, 1600, 1750 და 2040 მეტრზე აღებულ ნიმუშებში - AH-4 (4,2 მგ/კგ), AH-7 (6,3 მგ/კგ), AH-8 (8,4 მგ/კგ), AH-11 (17,0 მგ/კგ) და AH-12 (24,0 მგ/კგ), რაც გაცილებით ნაკლები კონცენტრაციაა მათრობელა თაფლთან შედარებით (სურათი 44-48) (ცხრილი 9). თაფლში ტოქსინების შემცველობა იზრდება სიმაღლის მატებასთან ერთად (4.2 – 24.0 მგ/კგ) (ცხრილი 9).

ქრომატოგრაფიული მეთოდით თავლში ტოქსინის განსაზღვრა 15 წთ-ზე ნაკლებ დროში იძლევა საშუალებას იდენტიფიცირებულ იქნეს ტოქსინი და თავიდან იქნეს აცილებული საფრთხე (ტოქსინით ინტოქსიკაცია).

2.10. მძიმე მეტალებისა და ანტიბიოტიკების UPLC PDA-MS

მეთოდით კვლევა

თავლი მედიცინაში გამოიყენება, როგორც სამკურნალო-პროფილაქტიკური საშუალება: ხველის, ანგინის, კანის დაავადების, კუჭის წყლულისა და სხვა დროს [9], მაგრამ მასში შეიძლება იყოს ანტიბიოტიკებისა და მძიმე მეტალების ჭარბი რაოდენობა, რაც ამ მნიშვნელოვან პროდუქტს საკმაოდ სახიფათოს ხდის [149].

საანალიზოდ აღებულ იქნა დასავლეთ საქართველოში (აჭარა, გურია, სამეგრელო და იმერეთი) მოწეული სხვადასხვა ბოტანიკური წარმოშობის თავლის 50 ნიმუში, აქედან 10 წაბლის, 10 ცაცხვის, 10 აკაციის, 10 პოლიფლორა (მინდვრის) და 10 ნიმუში ჯარას თავლის.

ანალიზისათვის თავლის ნიმუშების 3გ ვხსნიდით ბუფერში. ანტიბიოტიკების ელუირებისა და კონცენტრირებისათვის ვიყენებდით Waters Sep-Pak C18-ში (500 mg);

ანალიზის დაწყებამდე ყველა ნიმუშს ვფილტრავდით Acrodisc LC PVDF Filter 13 mm 0,45 μm ფილტრის გამოიყენებით.

ანტიბიოტიკების კვლევა ქრომატოგრაფიულ მეთოდებზეა დაფუძნებული, ულტრაისფერი და მას- დეტექტორების გამოყენებით, რაც იძლევა საშუალებას, აღმოჩენილ იქნას მათი უმნიშვნელო რაოდენობაც კი (0.1 მკგ/კგ) [166].

ანტიბიოტიკების კვლევა ჩატარდა HPLC , C18-ის ანალიტიკურ სვეტზე. ხსნარი A: აცეტონიტრილი, ხსნარი B: წყალი-pH (8.5) (B) შეტუტიანებული 0.01% ამიაკით, გრადიენტი (0-7 წთ-20%-0%B-დან, 8წთ 0% B, 10-12 წთ 20% B, 14-20% B). UPLC-MS ანალიზი BEN C18, 1.7 μm , BENAmide1.7 μm , სვეტი. ნაკადი 0,4მლ/წთ, სვეტის ტემპერატურა 50°C, MS- სკანირება 200-1200 დალტონი, ზონდი 600°C, დადებითი (უარყოფითი) 0,8 კვ, სვეტი 1,5 კვ, CV -15. DAD დეტექტორის მონიტორინგი (220-400 ნმ), ნიმუშის ინექციის მოცულობა იყო 10 მკლ.

ანალიზი ჩატარდა მაღალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფიებით HPLC-, რომელიც აღჭურვილია UV დეტექტორით Bridje C18 5 μm (150 x 4.6 მმ I.D.). მოცემულ გრადიენტულ პირობებში: მობილური ფაზა - აცეტონიტრილი (A) და წყალი-pH (8.5)

(B.) შეტუტიანებული 0,01% ამიაკით. გრადიენტი (0-14 წთ- 20%-0%B-დან, 16წთ 0% B, 20-24 წთ 20% B, 25-80% B). ნაკადი 1 მლ/წთ.

საქართველოში მეფუტკრეები ძირითადად იყენებენ 12 ანტიბიოტიკს, ესენია: მეტრონიდაზოლი (Retention Time-6,759), რონიდაზოლი (RT-8,228), ერითრომიცინი (RT-8.868), ნიტროფურანი (RT-11,712), ლინკომიცინი (RT-12.185). UPLC-MS მეთოდით იდენტიფიცირებულია ოქსიტეტრაციკლინი (m/z-459.14, m/z+461,14), ტეტრაციკლინი (m/z-443.15, m/z+445.16), სტრეპტომიცინი (m/z-580.25, m/z+582.27), სულფადიმეტოქსი (m/z- 309.06, m/z+311.08), ქლორამფენიკოლი (m/z- 321.00, m/z+323.01), მეტრონიდაზოლი (m/z-170.05, m/z+ 172.07), რონიდაზოლი (m/z- 199.04, m/z+201.06), ერითრომიცინი (m/z-732.45, m/z+ 734.47), ნიტროფურანი (m/z-112.00, m/z+114.01), ლინკომიცინი (m/z- 405.21, m/z+407.22), ტილოსინი (m/z-914.51, m/z+916.52), რიფამპიცინი (m/z- 821.39, m/z+823.41) (სურათი 49).

ანალიზის შედეგად ოქსიტეტრაციკლინი ფიქსირდება წაბლის თაფლის ნიმუშის 20%-ში, ცაცხვის 30%-ში, აკაციის 30%-ში და მინდვრის 20%-ში. ტეტრაციკლინი - წაბლის 30%-ში, ცაცხვის 20%-ში, აკაციის 40%-ში და მინდვრის 20%-ში დასაშვებზე მეტი რაოდენობა. სტრეპტომიცინი - წაბლის ნიმუშის 30 %-ში, ცაცხვის 30%-ში, აკაციის 50 %-ში და მინდვრის 20%-ში. სულფადიმეტოქსინი წაბლის ნიმუშის 20 %-ში, ცაცხვის 20%-ში, აკაციის 30%-ში და მინდვრის 10%-ში. ქლორამფენიკოლი - წაბლის ნიმუშის 10%-ში, ცაცხვის 10%-ში, აკაციის 30%-ში და მინდვრის 10%-ში. მეტრონიდაზოლი წაბლის ნიმუშის 30%-ში, ცაცხვის 30%-ში, აკაციის 40%-ში და მინდვრის თაფლის 20%-ში. რონიდაზოლი მეტრონიდაზოლის მსგავსად გადანაწილდა (წაბლის თაფლის 20%-ში, ცაცხვის თაფლის 20%-ში, აკაციის თაფლის 30%-ში და მინდვრის თაფლის 10%-ში). ნიტროფურანი გვხვდება წაბლის თაფლის 20%-ში, ცაცხვის თაფლის 20%-ში, აკაციის თაფლის 20%-ში და მინდვრის თაფლის 10%-ში. ლინკომიცინი - წაბლის თაფლის 30 %-ში, ცაცხვის თაფლის 30%-ში, აკაციის თაფლის 50%-ში და მინდვრის თაფლის 20%-ში. ტილოსინი წაბლის თაფლის 20%-ში, ცაცხვის თაფლის 20%-ში, აკაციის თაფლის 30%-ში და მინდვრის თაფლის 10%-ში.

რიფამპიცინუმი წაბლის თაფლის 20%-ში ცაცხვის თაფლის 40%-ში, აკაციის თაფლის 50%-ში და მინდვრის თაფლის 10%-ში (ცხრილი 10). ცხრილში მოცემულია ანტიბიოტიკების M/Z მახასიათებლები და იმ თაფლის ნიმუშებში ანტიბიოტიკების რაოდენობა (%-ში), რომელშიც ანტიბიოტიკების რაოდენობრივი შემცველობა 1.5 მგ/კგ-ზე მეტი იყო (ცხრილი 10).

თაფლის ნიმუშებში ანტიბიოტიკების რაოდენობა

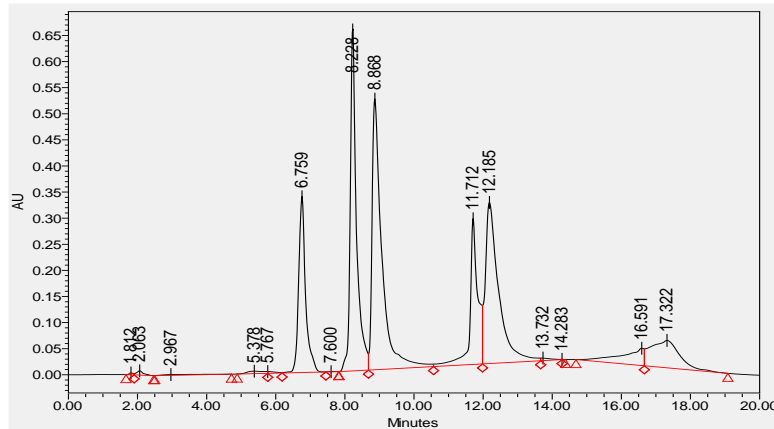
ცხრილი 10

ანტიბიოტიკების დასახელება	მკგ/კგ	ჯარას თაფლი	წაბლის თაფლი	ცაცხვის თაფლი	აკაციის თაფლი	მინდვრის თაფლი	MS-	MS+
ოქსიტეტრაციკლინი	5.0±0.15	n.n.*	20	30	30	20	459.14	461.14
ტეტრაციკლინი	5.0±0.15	n.n.	30	20	40	20	443.15	445.16
სტრეპტომიცინი	5.0±0.15	n.n.	30	30	50	20	580.25	582.27
სილფადიმეტოქსინი	5.0±0.15	n.n.	20	20	30	10	309.06	311.08
ქლორამფენიკოლი	5.0±0.15	n.n.	10	10	30	10	321.00	323.01
მეტრონიდაზოლი	5.0±0.15	n.n.	30	30	40	20	170.05	172.07
რონიდაზოლი	5.0±0.15	n.n.	30	30	40	20	199.04	201.06
ერიტრომიცინი	5.0±0.15	n.n.	20	20	30	10		734.47
ნიტროფურანი	5.0±0.15	n.n.	20	20	20	10	112.00	114.01
ლინკომიცინი	5.0±0.15	n.n.	30	30	50	20	405.21	407.22
ტილოსინი	5.0±0.15	n.n.	20	20	30	10	914.51	916.52
რიფამპიცინუმი	5.0±0.15	n.n.	10	40	50	10	821.39	823.41

n.n.* = არ არის ნაპოვნი = რაოდენობრივი განსაზღვრის ლიმიტი იყო 2 ppb (მკგკგ)

აღსანიშნავია, რომ ჯარას თაფლში არ არის ინედენტიფიცირებული არც ერთი ანტიბიოტიკი, რადგანაც იგი დასახლებული ტერიტორიიდან დაშორებით მოიპოვება და ფუტკარი თაფლს მის მიერ გამომუშავებული ცვილისაგან აშენებულ ფიჭაში

აგროვებს. აქ პრაქტიკულად გამოირიცხულია ადამიანის ჩარევა (მხოლოდ ჯარა არის მომზადებული ადამიანის მიერ) თაფლის წარმოების პროცესში და შედეგიც შესაბამისია.



სურათი 49. HPLC-UV დეტექტორი-320 ნმ, სტანდარტული ანტიბიოტიკების ქრომატოგრამა (მეტრონიდაზოლი, რონიდაზოლი, ერიტრომიცინი, ნიტროფურანი, ლინკომიცინი)

ანტიბიოტიკების დაგროვება თაფლის ნიმუშებში, ბუნებრივია, განპირობებულია მათი არასწორი და მაღალი დოზებით გამოყენებით. კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ გაზაფხულის თაფლში (აკაციისა და ცაცხვის) პროცენტულად მაღალი შემცველობა განპირობებული იყო ანტიბიოტიკების გამოყენების სიხშირით, რადგანაც სწორედ გაზაფხულზე ხდება ფუტკრის ჯანმრთელობაზე ზრუნვის მიზნით ჭარბი ანტიბიოტიკებისა და სხვა პრეპარატების გამოყენება. ასევე, გაზაფხულზე ხდება სკაში ადრე გამოყენებული და ანტიბიოტიკების შემცველობაზე შეუმოწმებელი ფიჭის შემდგომი გამოყენება.

ასევე, შესწავლილ იქნა მძიმე მეტალები თაფლის ყველა ნიმუშში, მიუხედავად მისი წარმოშობისა. არც ერთ ნიმუშში არ დაფიქსირდა დარიშხანის შემცველობა. Cd-ის შემცველობა ყველა ნიმუშში მერყეობს 0.26-დან 0.29 მგ/კგ-მდეა, მხოლოდ ჯარას

თაფლში არის 0,15 მგ/კგ-ის ფარგლებში. Co-ის შემცველობა კი 0.28-დან 0.31-მდეა, ხოლო ჯარას თაფლში კი მისი შემცველობა გაცილებით ნაკლებია (0.17 მგ/კგ).

თაფლის ნიმუშებში მძიმე მეტალების შემცველობა მგ/კგ

ცხრილი 11

ნიმუში	Cd მგ/კგ	Co მგ/კგ	Cr მგ/კგ	Hg მგ/კგ	As მგ/კგ	Pb მგ/კგ	Zn მგ/კგ
მაქსიმალური ლიმიტი	2.0	1.0	1.0	0.01	0.2	1.0	20,0
ჯარას თაფლი	0.03±0.01	0.17±0.01	0.24±0.05	n.n.*	n.n.	n.n.	0.7±0.01
წაბლის თაფლი	0.28±0.02	0.31±0.02	0.53±0.05	n.n.	n.n.	0.14±0.001	4.57±0.1
ცაცხვის თაფლი	0.26±0.01	0.32±0.02	0.535±0.05	n.n.	n.n.	0.16±0.002	10.3±0.2
აკაციის თაფლი	0.295±0.03	0.27±0.01	0.54±0.05	n.n.	n.n.	0.07±0.001	6.40±0.1
მინდვრის თაფლი	0.27±0.01	0.30±0.02	0.875±0.07	n.n.	n.n.	0.16±0.002	4.23±0.1

n.n.* = არ არის ნაპოვნი = რაოდენობრივი განსაზღვრის ლიმიტი იყო 1 ppb (მგ/კგ)

ხშირად თაფლში Cr-ის Zn-ის შემცველობას უკავშირებენ წარმოების დროს გამოყენებულ ჭურჭელს, თუმცა ჩვენ მიერ შესწავლილ ნიმუშებში მათი შემცველობა კრიტიკულ ზღვართან არ იყო მიახლოებული (0.53-0.87მგ/კგ და 4.23-10.3 მგ/კგ შესაბამისად). სპილენძის შემცველობაც საკმაოდ დაბალია 0.3მგ/კგ-დან 1.06 მგ/კგ-მდე. რკინა შესწავლილ თაფლში შედარებით მაღალია 9,65 მგ/კგ-დან 12,7 მგ/კგ-მდე. მნიშვნელოვანია, ტყვიის დაბალი შემცველობა 0.07-დან 0.16 მგ/კგ-მდე. ჩვენ მიერ შესწავლილ ყველა ნიმუშში Hg და As შემცველობა დასაშვებ ზღვარზე ნაკლებია. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჯარას თაფლი, რომელშიც არა მარტო ტყვიის შემცველობა, რომელიც ზღვარზე ნაკლებია, არამედ სხვა მძიმე მეტალების

შემცველობაც მნიშვნელოვნად ნაკლებია სხვა თაფლებთან შედარებით. როგორც წესი, ჯარას თაფლი მოიპოვება შედარებით ეკოლოგიურად სუფთა მთიან რეგიონში, რაც მინიმუმადე ამცირებს მცენარეთა და, შესაბამისად, მათგან მიღებული ნექტრისა და თაფლის დაბინძურებას (ცხრილი 11).

თაფლში მძიმე მეტალების შემცველობა ძირითადად დამოკიდებულია გარემო ფაქტორებზე და არ არის დაკავშირებული ბოტანიკურ წარმოშობასთან.

დასავლეთ საქართველოში წარმოებული სხვადასხვა ბოტანიკური და გეოგრაფიული წარმოშობის თაფლის 50 ნიმუშში HPLC and UPLC-MS მეთოდებით აღმოჩენილ იქნა 12 ანტიბიოტიკი. ანტიბიოტიკების თვისობრივი მრავალფეროვნებითა და დაბინძურების საშუალო დონით ხასიათდებოდა აკაციისა და ცაცხვის, ხოლო შედარებით ნაკლებით მინდვრის და წაბლის თაფლის ნიმუშები. ანტიბიოტიკებს არ შეიცავს ნახევრად ველური ჯარას თაფლი.

მძიმე მეტალებიდან თაფლის ნიმუშებში მეტი რაოდენობითაა რკინა, ხოლო შედარებით ნაკლებია და ნორმის ფარგლებშია Cd, Co, Cr, Cu, Zn, Pb. ჯარას თაფლი აქაც გამოირჩევა მძიმე მეტალების მინიმალური შემცველობით. რაც განპირობებულია მისი წარმოშობის თავისებურებით.

დასკვნები:

1. შესწავლილია დასავლეთ საქართველოს 4 რეგიონში (აჭარა, გურია, იმერეთი და სამეგრელო), მოწეული აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები. საწყის ეტაპზე მტვრიანების მიკროსკოპული ანალიზის საფუძველზე დადასტურებულ იქნა თაფლის ბოტანიკური წარმოშობა და საანალიზოდ შერჩეულ იქნა აკაციის თაფლი, სადაც ფსევდო აკაციის ყვავილის (*Pseudacacia*) მტვრიანების რაოდენობა 45%-ზე მეტი იყო, წაბლის თაფლი - წაბლის ყვავილის მტვრიანები (*Castanea sativa* Mill) 75%-დან 94%-მდე რაოდენობით, ხოლო ჯარას თაფლი იდენტიფიცირებულ იქნა, როგორც პოლიფლორული თაფლი.

2. თაფლის ნიმუშების ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურების შემდეგ აკაციის, წაბლისა და ჯარას თაფლის ნიმუშებში განსაზღვრულ იქნა ევრორეგულაციით გათვალისწინებული მახასიათებლები: წყლისა და მშრალი ნივთიერების შემცველობა, აქტიური მჟავიანობა, საერთო მჟავების კონცენტრაცია, ელექტროგამტარობა, დიასტაზური აქტივობა, ცილისა და პროლინის რაოდენობა.

3. დასავლეთ საქართველოში მოწეულ თაფლის ნიმუშებში წყლის შემცველობა 20%-ზე ნაკლებია, კერძოდ, ყველაზე დაბალი მაჩვენებლით ჯარას თაფლის ნიმუშები გამოირჩევა - 17,13 %, მას მოსდევს აკაციის თაფლი - 18,77% და წაბლის თაფლი 19,40 % (დიაგრამა11), რაც სტანდარტით (თაფლის საერთაშორისო კომისია) დადგენილ ნორმაშია. წყლის დაბალი შემცველობა უზრუნველყოფს თაფლის სტაბილურობასა და მდგრადობას ფერმენტული პროცესების მიმართ.

4. საშუალო მაჩვენებლების შეჯერებით, საერთო მჟავიანობა შედარებით დაბალია აკაციის თაფლში (17,96), იმატებს ჯარასა (25,2) და წაბლის ნიმუშებში (30,65 მილიექვივალენტი მჟავისა/კგ თაფლში). თაფლის ნიმუშებში pH-ის მაჩვენებელი სტანდარტს შეესაბამება (pH 3.40–6.10). ელექტროგამტარობის საშუალო მაჩვენებლებით ჯარასა და წაბლის თაფლის ნიმუშები თითქმის მსგავსია,

შესაბამისად, 1,2441 და 1.43 მლს/სმ, მაგრამ მეტად მცირეა აკაციის თაფლში - 0,2293, რაც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი განმასხვავებელი მარკერია სხვა თაფლებთან მიმართებით.

5. საშუალო მაჩვენებლის მიხედვით, აკაციისა და ჯარას თაფლის ნიმუშებში პროლინის შემცველობა თითქმის თანაბარია (1078,04 მგ/კგ და 1063,22 მგ/კგ), შედარებით მეტია 1277,21 მგ/კგ წაბლის თაფლში.

6. საანალიზოდ აღებულ თაფლის ნიმუშებში დიასტაზური აქტივობა გაცილებით მაღალია, ვიდრე 8 ერთეული, კერძოდ, აკაციის თაფლისათვის 8-დან 30-მდეა (საშუალო მაჩვენებელი: 11.91 ერთეულია), თითქმის მსგავსია წაბლისა და ჯარას თაფლის შემთხვევაში 8-დან 27-მდე (საშუალო მაჩვენებელი: 16.42 - 16.44). აკაციის თაფლში ცილის შემცველობის საშუალო მაჩვენებელი 0,3%-ია, წაბლის თაფლის ნიმუშებში 0,37 % და ჯარას ნიმუშებში 0,56%.

7. HPLC მეთოდით თაფლის ნიმუშებში გამოყოფილ და იდენტიფიცირებულ იქნა 4 ნახშირწყალი: ფრუქტოზა, გლუკოზა, საქაროზა და მალტოზა. მათ შორის დომინანტი არის ფრუქტოზა. ფრუქტოზა/გლუკოზისა (F/G) და გლუკოზა/წყლის (G/W) ფარდობის მაჩვენებლის მიხედვით, აკაციის თაფლისაგან განსხვავებით, წაბლისა და ჯარას თაფლი არ მიეკუთვნება ადვილად კრისტალიზირებად თაფლებს.

8. კატიონების კვლევა განხორციელდა აკაციის, წაბლის, ცაცხვის, ცაცხვი-წაბლის, პოლიფლორულ თაფლსა და ჯარას თაფლის ნიმუშებში. იდენტიფიცირებულ იქნა ნატრიუმის, ამონიუმის, კალიუმის, მაგნიუმისა და კალციუმის იონები. წაბლის თაფლში იონების შემცველობა შედარებით მეტია, ვიდრე ცაცხვის (2530,72-3097,94 მგ/კგ), აკაციის (2497,46-3787,84 მგ/კგ), გაზაფხულის პოლიფლორულ (3296,14-4089,98 მგ/კგ) და შემოდგომის პოლიფლორულ (4287,46 – 5635,48 მგ/კგ) თაფლში. მაგრამ ცაცხვ-წაბლის თაფლში თითქმის მსგავსია 5680,84-7106,92 მგ/კგ. კატიონებს შორის

დომინანტი კალიუმის იონია, მაგრამ მისი რაოდენობა იცვლება თაფლის წარმოშობის მიხედვით. კალიუმის მაღალი შემცველობით წაბლის თაფლის ნიმუშები გამოირჩევა.

9. ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთებიდან იდენტიფიცირებულ იქნა 21 ნაერთი: 4 ორგანული მჟავა (ვაშლმჟავა, გლუკონის მჟავა, მჟაუნმჟავა, ქინაქინის მჟავა), 10 ფენოლკარბომჟავა (4 ჰიდროქსიბენზოის მჟავა, აბცისის მჟავა, კოფეინის მჟავა, პროტოკატექინის მჟავა, P - კოუმარის მჟავა, შიკიმის მჟავა, 2.5 დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა, სალიცილის მჟავა, ჰიდროქსიბენზოის მჟავა, 2.4 დიჰიდროქსიბენზოის მჟავა), 7 ფლავონოიდი (პინობაქსინი, აპიგენინი, აკაცეტინი, მეთოქსი კემფეროლი, იზორამნეტინი, ბის მეთილ კვერცეტინი, გენტისალდეჰიდი). მხოლოდ აკაციის თაფლში იქნა იდენტიფიცირებული ვაშლის, გლუკონის და ქინაქინის მჟავა, ცაცხვის თაფლში მჟაუნმჟავა. ფენოლკარბომჟავებიდან: შიკიმინის მჟავა - აკაციის თაფლში, ჰიდროქსიბენზოის მჟავა - ცაცხვის თაფლში, 2,4 - დიჰიდროქსიბენზოისა და აბცისის მჟავა ჯარას თაფლში. ბენზოის მჟავას წარმოებულები ძირითადად გვხვდება წაბლისა და ჯარას თაფლში. ფლავონოიდებიდან იზორამნეტინი გვხვდება აკაციისა და წაბლის თაფლში. პინობაქსინი, აპიგენინი, აკაცეტინი და მეთოქსი კემფეროლი იდენტიფიცირებულია აკაციის თაფლში, გენტისალდეჰიდი - წაბლის თაფლში, ბის მეთილ კვერცეტინი კი წაბლისა და ჯარას თაფლში. იდენტიფიკაციის შედეგები ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებთან ერთად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, როგორც მარკერი თაფლის ბოტანიკური წარმოშობის დადასტურებისათვის.

10. აკაციის თაფლში საერთო ფენოლების რაოდენობა 109 – 433 მგ/კგ, წაბლის თაფლში 80-503 მგ/კგ, ჯარას თაფლში 801,61-დან 1105,56 მგ/კგ-მდე და აქვთ შედარებით მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტივობა. ჯარას ნიმუშებში ფლავონოიდების საშუალო მაჩვენებელი 151 მგ/კგ, ხოლო ფენოლკარბომჟავების შემცველობა საერთო ფენოლების 45-65%-ს შეადგენს. მიღებული შედეგების შეჯერებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჯარას თაფლში მეტია ფენოლური ნაერთების შემცველობა, შესაბამისად, ანტიოქსიდანტური აქტივობაც.

11. საანალიზოდ აღებული თაფლის 12 ნიმუშს შორის გრაიანოტოქსინ-III-ი გამოვლინდა თაფლის 5 ნიმუშში - AH-4, AH-7, AH-8, AH-11 და AH-12. კერძოდ, ზღვის დონიდან 1566, 1400, 1600, 1750 და 2040 მეტრზე აღებულ ნიმუშებში. თაფლში ტოქსინების შემცველობა იზრდება სიმაღლის მატებასთან ერთად (4.2 – 24.0 მგ/კგ).

12. დასავლეთ საქართველოში წარმოებული სხვადასხვა ბოტანიკური და გეოგრაფიული წარმოშობის თაფლის 50 ნიმუშში HPLC and UPLC-MS მეთოდებით აღმოჩენილ იქნა 12 ანტიბიოტიკი. ანტიბიოტიკების თვისობრივი მრავალფეროვნებითა და დაბინძურების საშუალო დონით ხასიათდებოდა აკაციისა და ცაცხვის, ხოლო შედარებით ნაკლებით მინდვრისა და წაბლის თაფლის ნიმუშები. ანტიბიოტიკებს არ შეიცავს ნახევრად ველური ჯარას თაფლი.

13. მძიმე მეტალებიდან თაფლის ნიმუშებში მეტი რაოდენობით არის რკინა, ხოლო შედარებით ნაკლები და ნორმის ფარგლებშია Cd, Co, Cr, Cu, Zn, Pb. ჯარას თაფლი აქაც გამოირჩევა მძიმე მეტალების მინიმალური შემცველობით, რაც განპირობებულია მისი წარმოშობის თავისებურებით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ავქსენტი პაპავა. გამომცემლობა საქართველო თბილისი 2022. ”ქართული ტრადიციული მეფუტკრეობა. ჯარას თაფლის წარმოების სახელმძღვანელო”
2. „მეფუტკრეობა“ - გამომცემლობა თბილისი 2017
3. სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი რისკის შეფასების სამეცნიერო-საკონსულტაციო საბჭო (2018) სურსათში ანტიბიოტიკების ნარჩენებთან დაკავშირებული რისკის შეფასების ანგარიში; https://srca.gov.ge/files/antibiotikebi_-riskebi.pdf
4. ლოლბერიძე თემურ, მამდარაშვილი გოგი, ფეიქრიშვილი მაია, ნაფეტვარიძე ცირა, ბალიაშვილი ლიზა, კორძახია ალექსანდრე, კვეზერელი შალვა. ©UNDP Georgia 2017 “მეფუტკრეობა“.
5. Abashidze, N., Japaridze, I., Vanidze, M., Baazovi, Z., & Peshkova, T. (2021). “Study of honey Andromedotoxin in Western Georgia by UPLC-MS”. *Annals of Agrarian Science* 19(2):111-119
6. Abashidze, N., Japaridze, I., Chikovani, D., Kalandia, A., & Vanidze, M. (2020). “Antibiotics and heavy metals in Georgian honey”. *Annals of Agrarian Science* V.3 P.404-408
7. Abashidze N., Vanidze M., Djaparidze I., Kalandia A. (2018). “PHENOL COMPOUNDS AS THE MARCERS OF BOTANICAL ORIGINS OF HONEY”. "PRESS-BOOK.RU", ISBN 978-5-6040654-4-0
8. Abashidze, N., Vanidze, M., Kharadze, M., Djaparidze, I., & Kalandia, A. (2018). “WestGeorgian honey cations”. *OPEN JOURNAL SYSTEMS*. DOI:<http://dx.doi.org/10.12955/cbup.v6.1283>

9. Abdulkadir Gu,nduz, MD; Suleyman Turedi, MD; Hikmet Oksuz, PhD (2011). „The Honey, The Poison, The Weapon” WILDERNESS & ENVIRONMENTAL MEDICINE, 22, 182–184 DOI:10.1016/j.wem.2011.01.006
10. Abdulaziz S. Alqarni a, Ayman A. Owayss a, Awad A. Mahmoud b, Mohammed A. Hannan (2014).” Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia”. Volume 18, Issue 5, November 2014, Pages 618-625 <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>
11. Adams S. J., Fussell R. J., Dickinson M., Wilkins S., and Sharman M., (2009) “Study of the depletion of lincomycin residues in honey extracted from treated honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies and the effect of the shook swarm procedure,” *Analytica Chimica Acta*, vol. 637, no. 1-2, 315–320.
12. Agim Rysha, Granit Kastrati, Lejla Biber , Valon Sadiku , Aurorë Rysha, Florjana Zogaj and Edona Kabashi-Kastrati “Evaluating the Physicochemical Properties of Some Kosovo’s and Imported Honey Samples” *Appl. Sci.* 2022, 12, 629. <https://doi.org/10.3390/app12020629>
13. Ahmed Mahmood, Shafiq Muhammad Imtiaz, Khaleeq Anum, Huma Rahila, Muhammad Abdul Qadir, Khalid Ayesha, Amir Ali and Samad Abdul (2016),, Research Article Physiochemical, Biochemical, Minerals Content Analysis, and Antioxidant Potential of National and International Honeys in Pakistan”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* (2002) 50, no. 21, 5870–5877, 2-s2.0-0037048732. <https://doi.org/10.1155/2016/8072305>
14. Aishath Naila , Steve H. Flint , A.Z. Sulaiman , Azilah Ajit , Zuben Weeds (2018). “Classical and novel approaches to the analysis of honey and detection of adulterants” Volume 90, August 2018, Pages 152-165 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.027>
15. Albu, Aida, Cristina-Gabriela Radu-Rusu, Ioan Mircea Pop, Gabriela Frunza, and Gherasim Nacu. (2021) "Quality Assessment of Raw Honey Issued from Eastern Romania" *Agriculture* 11, no. 3: 247. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030247>

16. Alliances Caucasus Programme (ALCP), (2017) Prospects for the export of Georgian Honey, November https://alcp.ge/assets/pdf/2022-09/1663248981_end_of_phase.pdf
17. Al-Farsi, Mohamed, Al-Amri, Abeer, Al-Hadhrami, Ahlam, Al-Belushi, Sharifa 2018,, Color, flavonoids, phenolics and antioxidants of Omani honey” Journal Heliyon., <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2018.E00874>
18. Alshammari, Ghedeir Muslem, Mohammed Asif Ahmed, Tawfiq Alsulami, Mohammed Jamal Hakeem, Mohamed Abdrabo Ibraheem, and Doha M. Al-Nouri. 2022. "Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, Ascorbic Acid, and Sugars in Honey from Ingenious Hail Province of Saudi Arabia" Applied Sciences 12, no. 16: 8334. <https://doi.org/10.3390/app12168334><https://doi.org/10.3390/app12168334>
19. Alaerjani, Wed Mohammed Ali, Sraa Abu-Melha, Rahaf Mohammed Hussein Alshareef, Badriah Saad Al-Farhan, Hamed A. Ghramh, Badria Mohammed Abdallah Al-Shehri, Majed A. Bajaber, Khalid Ali Khan, Munira M. Alrooqi, Gad Allah Modawe, and et al. 2022. "Biochemical Reactions and Their Biological Contributions in Honey" Molecules 27, no. 15: 4719. <https://doi.org/10.3390/molecules27154719>
20. Ali Al-Jabri. African Journal of Biotechnology Vol. 4 (13), pp. 1580-1587, (2005)“Honey, milk and antibiotics” ISSN 1684–5315 © 2005
21. Aliyu Muhammad, Oyeronke A. Odunola, Mohammed A. Ibrahim, Abdullahi B. Sallau, Ochuko L. Erukainure, Idowu A. Aimola, Ibrahim Malami. (2016).“Potential biological activity of acacia honey”. Frontiers in Bioscience, Elite, 8, 351-357,
22. Almasaudi, Saad B. Al-Nahari, Alaa A.M. Abd El-Ghany, El Sayed M. Barbour, Elie Al Muhayawi, Saad M Al-Jaouni, Soad Azhar, Esam Qari, Mohamad Qari, Yousef A. Harakeh, Steve „Antimicrobial effect of different types of honey on Staphylococcus aureus” Saudi Journal of Biological Sciences, 2017-09, Crossref DOI link: <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2016.08.007>

23. Al-Waili N, Salom K, Al-Ghamdi A, Ansari MJ. Antibiotic, pesticide, and microbial contaminants of honey: human health hazards. *ScientificWorldJournal*. 2012;2012:930849. doi: 10.1100/2012/930849. Epub 2012 Oct 14. PMID: 23097637; PMCID: PMC3477659.
24. Andreas Thrasyvoulou, Chrysoula Tananaki, Georgios Goras, Emmanuel Karazafiris, Maria Dimou, Vasilis Liolios, Dimitris Kanelis & Sofia Gounari (2018) Legislation of honey criteria and standards, *Journal of Apicultural Research*, 88-96, DOI: 10.1080/00218839.2017.1411181 To link to this article: <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1411181>.
25. Anastasia Pisani, Giuseppe Protano *, Francesco Riccobono (2008). “Minor and trace elements in different honey types produced in Siena County (Italy)” *Food Chemistry* 107 (2008) 1553–1560
26. Anna Matkovits, Katalin Nagy, Marietta Fodor, Zsuzsa Jókai. Volume 120, July 2023, 105336 “Analysis of polyphenolic components of Hungarian acacia (*Robinia pseudoacacia*) honey; method development, statistical evaluation”. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105336>
27. Anguebes-Franceschi F., Abatal M., Pat Lucio, Flores A., Córdova Quiroz A. V., Ramírez-Elias M. A., San Pedro L., May Tzuc O. and Bassam A. , Raman Spectroscopy and Chemometric Modeling to Predict Physical-Chemical Honey Properties from Campeche, Mexico” , *Molecules* 2019, 24, 4091; doi:10.3390/molecules24224091
28. Ashwini S Dhawan , Kulbhushan W Pawar and Ashwini A Lokhande. 2018 Analisis of pollen grains in different honey sample from the region oh Newasa tehsil in Maharashtra . *J Pharmacogn Phytochem*; 7(3):3238-3442
29. Baloš Milica Živkov, Popov Nenad, Vidaković Suzana, Pelić Dragana Ljubojević, Pelić Miloš, Mihaljev Željko, Jakšić Sandra 2018,, “Electrcal conductivity and acidity of honey” *Arhiv veterinarske medicine*, Vol. 11, No. 1, 91 - 101, UDK: 638.162:577.1.

30. Birgit Lichtenberg-Kraag, Christoph Hedtke and Kaspar Bienefeld (2002) "Infrared spectroscopy in routine quality analysis of honey". *Apidologie* Volume 33, Page(s)327 – 337 DOI <https://doi.org/10.1051/apido:2002010>
31. Bilandžić N., Dokić M., Sedak M. et al., (2011) "Determination of trace elements in Croatian floral honey originating from different regions," *Food Chemistry*, vol. 128, no. 41160–1164,.
32. Biochemical Profiling and Physicochemical and Biological Valorization of Iraqi Honey: A Comprehensive Analysis–Omar Mohammed Hameed, Ohood Mzahim Shaker, Ahlem Ben Slima, Mohamed Makni, *Molecules* 2024, 29(3), 671; <https://doi.org/10.3390/molecules29030671>
33. Brasse D., (2001) "Stellungnahme der BBA zum Streptomycin- Problem. Teil 2: Bewertung der Rückstandswerte im Honig," *Allgemeine Deutsche Imkerzeitung*, vol. 35, 24–25.
34. Bogdanow Stefan, D'Arcy Bruce Robert, Mossel Brenda, Marcazzan Gian Luigi. , Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey Commission" , Jacob Kerkvliet on 12 May 2014, *Bee World* 80(2):61–69.
35. Bogdanov, S., Lüllmann, C., Martin, P., von der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., ... Vit, P. (1999). Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey Commission. *Bee World*, 80(2), 61–69. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1999.11099428> კოდექს ალიმენტაროუსი
36. Bouddine, Toufik, Hassan Laaroussi, Meryem Bakour, Ibtissame Guirrou, Farid Khallouki, Hamid Mazouz, Hassan Hajjaj, and Lhoussain Hajji. 2022. "Organic Honey from the Middle Atlas of Morocco: Physicochemical Parameters, Antioxidant Properties, Pollen Spectra, and Sugar Profiles" *Foods* 11, no. 21: 3362. <https://doi.org/10.3390/foods11213362>
37. Baggio, A., Gallina, A., Benetti, C., & Mutinelli, F. (2009). Residues of antibacterial drugs in honey from the Italian market. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 2(1), 52–58. <https://doi.org/10.1080/02652030902897721>

38. Buzia Olimpia Dumitriu, Ploscutanu Gabriela, Elisei Alina Mihaela (2019) “Tetracyclines Residues in Honey” *Revista de Chimie (Rev. Chim.)*, Volume 70, Issue 5, 1544-1550 <https://doi.org/10.37358/RC.19.5.7166>
39. Carolina Acquarone, Pilar Buera , Beatriz Elizalde 2007,” Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys” Pages 695-703 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.058>
40. G. Mazza, L. Fukumoto, P. Delaquis, B. Girard, and B. Ewert (1999), „Anthocyanins, Phenolics, and Color of Cabernet Franc, Merlot, and Pinot Noir Wines from British Columbia” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47 (10), 4009-4017 DOI: 10.1021/jf990449f
41. Cianciosi, Danila, Tamara Yuliett Forbes-Hernández, Sadia Afrin, Massimiliano Gasparrini, Patricia Reboredo-Rodriguez, Piera Pia Manna, Jiaojiao Zhang, Leire Bravo Lamas, Susana Martínez Flórez, Pablo Agudo Toyos, and et al. 2018. "Phenolic Compounds in Honey and Their Associated Health Benefits: A Review" *Molecules* 23, no. 9: 2322. <https://doi.org/10.3390/molecules23092322>
42. Chen T. B, Deng W. H., Lu W. H, Chen R. M., and Rao P. F., (2001)“Detection of residual antibiotics in honey with capillary electrophoresis,” *School Equipment Production Unit*, vol. 19, no. 1, 91–93
43. Chi Man Ng, Wilhad M. Reuter ,, Analysis of Sugars in Honey Using the PerkinElmer Altus HPLC System with RI Detection” Perkin Elmer, Inc. USA 2015. www.perkinelmer.com/ContactUs
44. Cianciosi Danila, Forbes-Hernández Tamara Yuliett, Afrin Sadia , Gasparrini Massimiliano, Reboredo-Rodriguez Patricia, Manna Pia Piera, Zhang Jiaojiao, Lamas Bravo Leire, Martínez Flórez Susana, Agudo Toyos Pablo, Luis Quiles José, Giampieri Francesca and Battino Maurizio ,, Phenolic Compounds in Honey and Their Associated Health Benefits: A Review”, 11 September 2018, *Molecules* 2018, 23, 2322; doi:10.3390/molecules:23092322.

45. Codex standard for Honey CODEX STAN 12-19811, amended in 2019.
www.codexalimentarius.org
46. Czipa N., BorBély M. and Gyóri Z. 4 August 2011,, Proteine content of different Honey types” *Acta Alimentaria*, Vol. 41 (1), pp. 26–32 (2012) published online DOI: 10.1556/AAlim.2011.0002.
47. Danielsen Randi and Mendes Patrícia M. „Pollen Atlas of Portugal” Laboratório de Arqueociências, LARC/CIBIO/InBIO, Direção Geral do Património Cultural (DGPC)
48. Desissa Yadata 2014,, Detection of the Electrical Conductivity and Acidity of Honey from Different Areas of Tepi” *Food Science and Technology* 2(5): 59-63, DOI: 10.13189/fst.2014.020501.
49. Devillers J. a, Morlot M. b, Pham-Delègue M.H. c, Doré J.C. d“Classification of monofloral honeys based on their quality control data” Volume 86, Issue 2, June 2004, Pages 305-312
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.029>
50. Derewiaka, Dorota, Ewa Majewska, Katarzyna Kuzak, and Dominika Szadkowska. 2021. "Comparison of Volatiles and Chemical Composition of Traditional and Non-Traditional Honey Available on the Polish Market" *Applied Sciences* 11, no. 14: 6371.
<https://doi.org/10.3390/app11146371>
51. Elisabetta Schievano, Marco Sbrizza, Valentina Zuccato, Lucia Piana, Marco Tessari „NMR carbohydrate profile in tracing acacia honey authenticity” *Food Chemistry*.
www.elsevier.com/locate/foodchem
52. Er Demirhan Buket, and Burak Demirhan. (2022). "Detection of Antibiotic Residues in Blossom Honeys from Different Regions in Turkey by LC-MS/MS Method" *Antibiotics* 11, no. 3: 357. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11030357>
53. Escuredo Olga and Seijo M. Carmen. (2019),, Honey: Chemical Composition, Stability and Authenticity”. *Foods* 2019, 8, 577;. doi: 10.3390/foods8110577

54. Eteraf-Oskouei T, Najafi M. Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. *Iran J Basic Med Sci.* 2013 Jun;16(6):731-42. PMID: 23997898; PMCID: PMC3758027.
55. Ewa Makowicz, Izabela Jasicka-Misiak*, Dariusz Teper and Paweł Kafarski. „ HPTLC Fingerprinting -Rapid Method for the Differentiation of Honeys of Different Botanical Origin Based on the Composition of the Lipophilic Fractions”, *Molecules* 2018, 23, 1811; doi:10.3390/molecules23071811, 21 July 2018.
56. Fatimah Buba, Abubakar Gidado and Aliyu Shugaba „Analysis of Biochemical Composition of Honey Samples from North-East Nigeria” *Biochem Anal Biochem* 2013, 2:3 DOI: 10.4172/2161-1009.1000139.
57. Fechner, Diana C., Hidalgo, Melisa J., Ruiz Díaz, Juan D., Gil, Raúl A., Pellerano, Roberto G. 2019. „ Geographical origin authentication of honey produced in Argentina” *Journal Food Bioscience*, Elsevier Ltd. 100483 <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2019.100483>
58. Forsgren E., (2010) “European foulbrood in honey bees,” *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 103, supplement 1, S5–S9
59. François Ezin Azonwade, Armand Paraiso, Cokou P. Agbangnan Dossa, Victorien T. Dougnon, Christine N'tcha, Wassiyath Mousse, Lamine Baba-Moussa, 2018 . "Physicochemical Characteristics and Microbiological Quality of Honey Produced in Benin", *Journal of Food Quality*, vol. 2018, Article ID 1896057, 13 pages., <https://doi.org/10.1155/2018/1896057>
60. Franciane Marquele-Oliveira, Daniel Blascke Carrão, Rebeca Oliveira de Souza, Nathalia Ursoli Baptista, Andresa Piacezzi Nascimento, Elina Cássia Torres, Gabriela de Padua Moreno, Andrei Felipe Moreira Buszinski, Felipe Galeti Miguel, Gustavo Luis Cuba, Thaila Fernanda dos Reis, Joelma Lambertucci, Carlos Redher and Andresa A. Berretta. „Fundamentals of Brazilian Honey Analysis: An Overview” . DOI.org/10.5772/67279.
61. Francisco A Tomas-Barberan, Isabel Martos, Federico Ferreres, Branka S Radovic and Elke Anklam „HPLC flavonoid profiles as markers for the botanical origin of European

- unifloral honeys” *Journal of the Science of Food and Agriculture J Sci Food Agric* 81:485±496 (online: 2001) DOI: 10.1002/jsfa.836.
62. Francine Manhago Bueno-Costa, Rui Carlos Zambiasi , Bruna Wendt Bohmer, Fabio Clasen Chaves , Wladimir Padilha da Silva , Jerri Teixeira Zanusso , Iara Dutra „Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil” Crossref DOI link: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.08.018>
63. Galán, C., Smith, M., Thibaudon, M. et al..(2014) “Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis”. *Aerobiologia* 30, 385–395 <https://doi.org/10.1007/s10453-014-9335-5>
64. Gačić M, Bilandžić N, Šipušić ĐI, Petrović M, Kos B, Vahčić N, Šušković J. Degradation of Oxytetracycline, Streptomycin, Sulphathiazole and Chloramphenicol Residues in Different Types of Honey. *Food Technol Biotechnol.* 2015 Jun;53(2):154-162. doi: 10.17113/ftb.53.02.15.3934 . PMID: 27904344; PMCID: PMC5068408.
65. Gangwar, S.K (2016). „Honey Physio-Chemical Parameters and its Application with Reference to Ethiopia” *I.J.S.N.*, , ISSN 2229 –6441
66. Geană, Elisabeta-Irina Ciucure, Corina Teodora Costinel, Diana Ionete, Roxana Elena 2020-03-01., Evaluation of honey in terms of quality and authenticity based on the general physicochemical pattern, major sugar composition and $\delta^{13}\text{C}$ signature” *Journal Food Control*, , 10.1016/j.foodcont.2019.106919 <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2019.106919>
67. Gül, Aziz end Pehlivan, Tuba 2018-09,, Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey” *Saudi Journal of Biological Sciences*, Crossref Pages 1056-1065 DOI link: <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2018.02.011>, Update policy:
68. Gökalp Dilek Fulya, Rasgele Pınar Goc, Kekecoglu Meral Salih Tunç Kaya „Rhododendron honey and active substance Grayanotoxin III induced chromosome abnormalities in mice bone marrow cells” *Abstracts / Toxicology Letters* 258S (2016) S62–S324 <http://dx.doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.06.1704>

69. Gemechu G. Abdi, Yetenayet B. Tola, Chala G. Kuyu “Assessment of Physicochemical and Microbiological Characteristics of Honey in Southwest Ethiopia: Detection of Adulteration through Analytical Simulation” <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100194>
70. Granja R, Niño AM, Zucchetti R, Niño RM, Patel R, Salerno AG. (2009) Determination of erythromycin and tylosin residues in honey by LC/MS/MS. *J AOAC Int.* 92(3):975-80. PMID: 19610392.
71. Golob, Doberšek U., Kump P., and Nečemer, M. (2005) “Determination of trace and minor elements in Slovenian honey by total reflection X-ray fluorescence spectroscopy,” *Food Chemistry*, vol. 91, no. 4, 593–600.
72. Hagr, T.E., Mirghani, M.E.S., Elnour, A.A.H.M. and Bkharsa, B.E. (December 2017),, “Antioxidant capacity and sugar content of honey from Blue Nile State, Sudan” , *International Food Research Journal* 24(Suppl): S452-S456
73. Harmonized Methods of the international Honey Commission, <https://www.bee-hexagon.net/en/network.htm>
74. Hameed, Omar Mohammed, Ohood Mzahim Shaker, Ahlem Ben Slima, and Mohamed Makni. 2024. "Biochemical Profiling and Physicochemical and Biological Valorization of Iraqi Honey: A Comprehensive Analysis" *Molecules* 29, no. 3: 671. <https://doi.org/10.3390/molecules29030671>
75. Hasan Demir, Arzu Denizbasi and Ozge Onur (2011),, “Mad Honey Intoxication: A Case Series of 21 Patients”. *International Scholarly Research Network ISRN Toxicology Volume*, Article ID 526426, 3 pages doi:10.5402/2011/526426
76. Honey-Based Polyphenols: Extraction, Quantification, Bioavailability, and Biological Activities Plant-Based Functional Foods and Phytochemicals: From Traditional Knowledge to Present Innovations. https://ebrary.net/202224/health/honey_based_polyphenols_extraction_quantification_bioavailability_biological_activities?fbclid=IwAR1LALzNdsPsDyOTXKxba8bowVWGz9fAmnEWF6FHuBLeD5UoC7p9WbV36rE

77. Huang, Zhenxiong, Lang Liu, Guojian Li, Hong Li, Dapeng Ye, and Xiaoli Li. 2019. "Nondestructive Determination of Diastase Activity of Honey Based on Visible and Near-Infrared Spectroscopy" *Molecules* 24, no. 7: 1244. <https://doi.org/10.3390/molecules24071244>
78. Hüsne Akalın, Mustafa Bayram and Rahmi Ertan Anlı ,, Determination of some individual phenolic compounds and antioxidant capacity of mead produced from different types of honey” Institute of Brewing & Distilling 15 March 2017, DOI 10.1002/jib.396.
79. Ismail Bettar a , M. Lourdes Gonza ´lez-Miret b , Dolores Hernanz c , Alfredo Marconi d , Francisco J. Heredia b , Anass Terrab “Characterisation of Moroccan Spurge (Euphorbia) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour” 2 January 2015 <https://core.ac.uk/download/pdf/81178146.pdf>
80. Inés Mato, José F. Huidobro, Jesús Simal-Lozano, and M. Teresa Sancho.(2006) “ Rapid Determination of Nonaromatic Organic Acids in Honey by Capillary Zone Electrophoresis with Direct Ultraviolet Detection”.*Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54 (5), 1541-1550 DOI: 10.1021/jf051757i
81. Istasse thibaut, Jacquet nicolas, Berchem thomas, haubruge eric, Nguyen Bach Kim and Richel Aurore , „Extraction of Honey Polyphenols: Method Development and Evidence of Cis Isomerization”, *Analytical Chemistry Insights* 2016:11 49–57 doi:10.4137/Aci.s39739.
82. Izabela Jasicka-Misiak, Anna Poliwoda, Małgorzata Dereń, Paweł Kafarski (2012). ” Phenolic compounds and abscisic acid as potential markers for the floral origin of two Polish unifloral honeys”. *Volume 131, Issue 4 Pages 1149-1156* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.083>
83. J. F. W. E. C. O. F. Additives, (2007) “Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty eighth report of the Joint FAO/WHO expert committee on food additives,” Tech. Rep., World Health Organization, Geneva, Switzerland,

84. Jaromír Lachman , Nková alena heJtmá, Sýkora Jan, karban Jindřich , orSák matyáš and rygerová barbora „ Contents of Major Phenolic and Flavonoid Antioxidants in Selected Czech Honey” Vol. 28, 2010, No. 5: 412–426.
85. Jasna Bertonccljŕ, Tomaz ˇ Polak, Urška Kropf, Mojca Korošec, Terezija „LC-DAD-ESI/MS analysis of flavonoids and abscisic acid with chemometric approach for the classification of Slovenian honey” Department of Food Science and Technology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenia, Food Chemistry 127 (2011) 296–302, Available online 8 January 2011.
86. Jibril Fatima Ibrahim, Hilmi Abu Bakar Mohd and Manivannan Lavaniya „Isolation and characterization of polyphenols in natural honey for the treatment of human diseases”, ibril et al. Bulletin of the National Research Centre (2019) 43:4 <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0044-7>
87. Jamie Ayton, Paul Prenzler, Harsh Raman, Amanda Warren-Smith and Richard Meyer June 2019, „Review of chemistry associated with honey” Publication No. 19-031, Project No. PRJ-011685.
88. Jansen, S.A., Kleerekooper, I., Hofman, Z.L.M. et al. Grayanotoxin Poisoning: ‘Mad Honey Disease’ and Beyond. Cardiovasc Toxicol 12, 208–215 (2012). <https://doi.org/10.1007/s12012-012-9162-2>
89. Kaewpetch, Kultida, Saowapa Yolsuriyan, Terd Disayathanoowat, Patcharin Phokasem, Taruedee Jannu, Gerry Renaldi, and Rajnibhas Sukeaw Samakradhamrongthai. 2024. "Influence of Gelatin and Propolis Extract on Honey Gummy Jelly Properties: Optimization Using D-Optimal Mixture Design" Gels 10, no. 4: 282. <https://doi.org/10.3390/gels10040282>
<https://doi.org/10.3390/gels10040282>
90. Kaufmann, A., & Kaenzig, A. (2004). Contamination of honey by the herbicide asulam and its antibacterial active metabolite sulfanilamide. Food Additives & Contaminants, 21(6), 564–571. <https://doi.org/10.1080/02652030410001677790>

91. Kaspar Ruoff, Werner Luginbühl, Verena Kilchenmann, Jacques Olivier Bosset, Katharina von Der Ohe, et al.. Authentication of the botanical origin of honey using profiles of classical measurands and discriminant analysis. *Apidologie*, 2007, 38 (5), pp.438-452. fhal-00892278f
92. Kadri, Samir Moura , Zaluski, Rodrigo, Pereira Lima, Giuseppina Pace, Mazzafera, Paulo, de Oliveira Orsi, Ricardo ,, Characterization of Coffea arabica monofloral honey from Espírito Santo, Brazil” *Journal Food Chemistry*, 2016. CrossRef DOI link to publisher maintained version: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2016.02.07>
93. Kılıç Altun, S., & Aydemir, M. E. (2024). Characterization of physical and chemical properties of honey from Northeastern Anatolia of Türkiye. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, 9(1), 26-34. <https://doi.org/10.31797/vetbio.1391995>
94. Kuc Joanna , Grochowalski Adam and Kostina Marianna ,, Determination of the diastase activity in honeys” *Technical Transactions* 8/2017, Chemistry DOI: 10.4467/2353737XCT.17.126.6877
95. Lee Suan Chua, Jun You Lee, Giek Far Chan. (2013),,Honey protein extraction and determination by mass spectrometry” . *Anal Bioanal Chem* 405:3063–3074 DOI 10.1007/s00216-012-6630-2 8 January 2013.
96. Lee Suan Chua, Norul Liza A. Rahaman, Nur Ardawati Adnan, and Ti Tjih Eddie Tan (2013),,Antioxidant Activity of Three Honey Samples in relation with Their Biochemical Components” *JournalofAnalyticalMethodsInChemistry*, ArticleID313798, 8 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/313798>
97. Lowore Janet. Meaton Julia. Wood Adrian. (2018) ,, African Forest Honey: an Overlooked NTFP with Potential to Support Livelihoods and Forests”. 8 March 2018 *Environmental Management* 62:15–28, Doi.org/10.1007/s00267-018-1015-8.
98. Li, Xiaowei, Yuebin Ke, Yingyu Wang, Chengfei Wang, Dongyang Ye, Xue Hu, Lan Zhou, and Xi Xia. 2018. "Confirmatory Analysis of Nitroimidazoles and Hydroxy Metabolites in Honey by Dispersive-Solid Phase Extraction and Ultra-High Performance Liquid

- Chromatography-Tandem Mass Spectrometry" *Molecules* 23, no. 12: 3350.
<https://doi.org/10.3390/molecules23123350>
99. Ma, Tianchen, Haoan Zhao, Caiyun Liu, Min Zhu, Hui Gao, Ni Cheng, and Wei Cao. 2019. "Discrimination of Natural Mature Acacia Honey Based on Multi-Physicochemical Parameters Combined with Chemometric Analysis" *Molecules* 24, no. 14: 2674.
<https://doi.org/10.3390/molecules24142674>
100. Majewska, E., Drużyńska, B. & Wołosiak, R. (2019). Determination of the botanical origin of honeybee honeys based on the analysis of their selected physicochemical parameters coupled with chemometric assays. *Food Sci Biotechnol* 28, 1307–1314
<https://doi.org/10.1007/s10068-019-00598-5>
101. Martin José María, Fredes Carolina, Nuñez Gabriel, Ginocchio Rosanna and Montenegro Gloria (2014) „Comparison of methods for determining the color of Chilean honeys and the relationship of color with botanical origin in central Chile” *Ciencia e investigación agraria*
102. Marshall Sara M(2013). „Identification and concentration of phenolic and carbonyl compounds in Florida honey” *Universiti of Florida*
https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/04/55/10/00001/MARSHALL_S.pdf
103. Isabel, Ferreres Federico and Tomas-Barberan Francisco A. „ Identification of Flavonoid Markers for the Botanical Origin of Eucalyptus Honey” *J. Agric. Food Chem.* No. 5 2000, Vol 48, 1498–1502.
104. Maria Josiane Sereia, Paulo Henrique Março, Marcia Regina Geraldo Perdoncini, Rejane Stubs Parpinelli, Erica Gomes de Lima and Fernando Antônio Anjo „Techniques for the Evaluation of Physicochemical Quality and Bioactive Compounds in Honey”, *IntechOpen*, March 15th 2017 DOI: 10.5772/66839.
105. Sakać , Pavle Jovanov , Aleksandar Marić , Dragana Cetojević-Simin , Aleksandra Novaković , Dragana Plavši, Dubravka Škrobot and Renata Kova. “Antioxidative,

- Antibacterial and Antiproliferative Properties of Honey Types from the Western Balkans”
Antioxidants 2022, 11, 1120. <https://doi.org/10.3390/antiox11061120>
106. Maria Lourdes González-Miret, Anass Terrab, Dolores Hernanz, Maria Ángeles Fernández-Recamales, and Francisco J. Heredia (2005) “Multivariate Correlation between Color and Mineral Composition of Honeys and by Their Botanical Origin”*Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (7), 2574-2580 DOI: 10.1021/jf048207p
107. Marco Mattonai, Erica Parri, Diletta Querci, Ilaria Degano, Erika Ribechini (2016) “Development and validation of an HPLC-DAD and HPLC/ESI-MS2 method for the determination of polyphenols in monofloral honeys from Tuscany (Italy)” Volume 126, Pages 220-229. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2015.12.013>
108. Mehdi, Rania, Saadia Zrira, Rossella Vadalà, Vincenzo Nava, Concetta Conduro, Nicola Cicero, and Rosaria Costa. 2023. "A Preliminary Investigation of Special Types of Honey Marketed in Morocco" *Journal of Experimental and Theoretical Analyses* 1, no. 1: 1-20. <https://doi.org/10.3390/jeta1010001>
109. Mei Ching Tana, Nyuk Ling China, Yus Aniza Yusofa, Farah Saleena Taipa, Jaafar Abdullah ,, Gel Strength and Stability Characterization of Ultrasound Treated Whey Protein Foams”, *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2(2014)144 – 149, doi: 10.1016/j.aaspro.2014.11.021.
110. McLoone P, Oluwadun A, Warnock M, Fyfe L. Honey: A Therapeutic Agent for Disorders of the Skin. *Cent Asian J Glob Health*. 2016 Aug 4;5(1):241. doi: 10.5195/cajgh.2016.241. PMID: 29138732; PMCID: PMC5661189.
111. Živkov Baloš, Nenad Popov, Suzana Vidaković, Dragana Ljubojević Pelić, Miloš Pelić, Željko Mihaljev, Sandra Jakšić Scientific Veterinary Institute “Novi Sad”, Novi Sad, Serbia ,, ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND ACIDITY OF HONEY” *Arhiv veterinarske medicine*, Vol. 11, No. 1, 91 - 101, 2018, UDK: 638.162:577.1.
112. Michael H Simonian “ Spectrophotometric determination of protein concentration” 2002 Aug DOI: 10.1002/0471143030.cba03bs15

113. Milica, Živkov Baloš, Nenad Popov, Sandra Jakšić, Željko Mihaljev, Miloš Pelić, Radomir Ratajac, Dragana Ljubojević Pelić (2023) “Sunflower Honey—Evaluation of Quality and Stability during Storage”, *Foods*, 12(13), 2585; <https://doi.org/10.3390/foods12132585>
114. Michalkiewicz Anna, Biesaga Magdalena, Pyrynska Krystina, Solid-phase extraction procedure For determination of phenolic acids and some flavonols in honey”, *Jurnal of Chromatography A* 07.02.2008 Elsevier B.V. All rights reserved. doi:10.1016/j.chroma.2008.02.001
115. Mohammed Moniruzzaman, Chua Yung An, Pasupuleti Visweswara Rao, Mohammad Nurul Islam Hawlader, Siti Amirah Binti Mohd Azlan, Siti Amrah Sulaiman, and Siew Hua Gan (2014), Identification of Phenolic Acids and Flavonoids in Monofloral Honey from Bangladesh by High Performance Liquid Chromatography: Determination of Antioxidant Capacity” Hindawi Publishing Corporation Bio Med Research International Volume Article ID 737490, 11 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/737490>
116. Moniruzzaman M, Sulaiman SA, Azlan SA, Gan SH. (2013 Nov) “Two-year variations of phenolics, flavonoids and antioxidant contents in acacia honey.” *Molecules*. 27;18(12):14694-710. Doi: 10.3390/ molecules 181214694.
117. Moussa Ahmed, Baghdad Khiati, Saad Aissat and Nouredine Djebli, Colour Intensity, Polyphenol Content and Antibacterial Capacity of Unheated and Heat-Treated Sahara Honey” Ahmed et al., *J Food Process Technol* 2016, DOI: 10.4172/2157-7110.1000589.
118. Moniruzzaman M., Siew Hua Gan and Siti Amrah Sulaiman, Two-Year Variations, Flavonoids and Antioxidant Contents in Acacia Honey” *Molecules* ISSN 1420-3049, 18 December 2013, Doi: 10.3390/ molecules 181214694.
119. Moniruzzaman M, Chowdhury MA, Rahman MA, Sulaiman SA, Gan SH. Determination of mineral, trace element, and pesticide levels in honey samples originating from different regions of Malaysia compared to manuka honey. *Biomed Res Int*. 2014;2014:359890. doi: 10.1155/2014/359890. Epub 2014 Jun 1. PMID: 24982869; PMCID: PMC4058684

120. Mouhoubi-Tafnine, Zina, Ouchemoukh, Salim, Tamendjari, Abderezak. ,, Antioxydant activity of some algerian honey and propolis” Journal Title: Industrial Crops and Products, 2016-10, Crossref DOI link: <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2016.02.033>, Update policy: https://doi.org/10.1016/ELSEVIER_CM_POLICY
121. MohamedAbdah A.S., AkimAbdah Md, AkimKalavathy Md, RamasamyKalavathy RamasamyShow all 6 authorsZolkapli EshakZolkapli Eshak .2018 “Physicochemical analysis and sugar profiling of Acacia honey”. Malaysian Journal of Microscopy vol. 14 page 157-164
122. Martel A. C., Zeggane S., Drajnudel P., Faucon J. P., and Aubert M., (2006) “Tetracycline residues in honey after hive treatment,” Food Additives and Contaminants, vol. 23, no. 3, 265–273.
123. Nicoleta Matei,Viorica Popescu,Luminita Mihaela Constanda (2022). “Chemical Analysis and Quality Assessment of Honey Obtained from Different Sources- Simona Dobrinas,Alina Soceanu,Semaghiul Birghila,Corina Birghila,, Processes, 10 (12), 2554; <https://doi.org/10.3390/pr10122554>
124. Noori Al-Waili, Khelod Salom, Ahmed Al-Ghamdi, and Mohammad Javed Ansari, ,,Antibiotic, Pesticide, and Microbial Contaminantsof Honey: Human Health Hazards” The Scientific World Journal Volume 2012, Article ID 930849, 9 pages , doi:10.1100/2012/930849.
125. Norberto L. García 2018 “The Current Situation on the International Honey Market” Bee World Pages 89-94 <https://doi.org/10.1080/0005772X.2018.1483814>
126. Norul Liza A-Rahaman, Lee Suan Chua, Mohamad Roji Sarmidi, Ramlan Aziz (2013),, Physicochemical and radical scavenging activities of honey samples from Malaysia” Vol.4, No.5B, 46-51 doi:10.4236/as.2013.45B009.(91)
127. Nyarko, Kate, Kaitlyn Boozer, and C. Michael Greenlief. 2023. "Profiling of the Polyphenol Content of Honey from Different Geographical Origins in the United States" Molecules 28, no. 13: 5011. <https://doi.org/10.3390/molecules28135011>

128. Nyuk Ling Chin and Kandhasamy Sowndhararajan „A Review on Analytical Methods for Honey Classification, Identification and Authentication” DOI:<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90232>.
129. Özkök Aslı, D’arcy Bruce, Sorkun Kadriye. „ Total Phenolic Acid and Total Flavonoid Content of Turkish Pine Honeydew Honey” *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science* 2 (2): 65 - 71 (2010) , IBRA 2010, DOI 10.3896/IBRA.4.02.2.01
130. Ozlem Cakici (2017) „ Mad Honey: Is It Useful or Dangerous? “ *Immunotherapy Research Journal* Vol.1 No.1:5, <http://www.imedpub.com/immunotherapy-research-journal/>
131. Ortelli D., Edder P., and Corvi C., (2004) “Analysis of chloramphenicol residues in honey by liquid chromatography-tandem mass spectrometry,” *Chromatographia*, vol. 59, no. 1-2, 61–64
132. Özcan M. M. and Al Juhaimi F. Y., (2012) “Determination of heavy metals in bee honey with connected and not connected metal wires using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP AES),” *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 184, no. 4, 2373–2375
133. Paige, L. Tollefson, and M. Miller, “Public health impact on drug residues in animal tissues,” *Veterinary and Human Toxicology*, vol. 9, (1997) 1–27
134. Pauliuc, Daniela, Florina Dranca, Sorina Ropciuc, and Mircea Oroian. 2022. "Advanced Characterization of Monofloral Honeys from Romania" *Agriculture* 12, no. 4: 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040526>
135. Pyrzyńska Krystyna, Biesaga Magdalena. „ Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey”, *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 28, No. 7, 2009, doi:10.1016/j.trac.2009.03.015
136. Pascual-Maté Ana, Osés Sandra M., Fernández-Muiño Miguel A. & Sancho M. Teresa „Analysis of Polyphenols in Honey: Extraction, separation and quantification procedures”, *Separation & Purification Reviews*, ISSN: 1542-2119 (Print) 1542-2127 (Online) *Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/lsp20>*

137. Pătruică, Silvia, Ersilia Alexa, Diana Obiștioiu, Ileana Cocan, Isidora Radulov, Adina Berbecea, Roxana Nicoleta Lazăr, Eliza Simiz, Nicoleta Maria Vicar, Anca Hulea, and et al. 2022. "Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Some Types of Honey from Banat Region, Romania" *Molecules* 27, no. 13: 4179. <https://doi.org/10.3390/molecules27134179>
138. Prerana Aditi, Shivani Srivastava, Harsh Pandey, Yamini Bhusan Tripathi (2020) „ Toxicity profile of honey and ghee, when taken together in equal ratio“ *journal Elsevier Toxicology Reports* 7 624–636 <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.04.002>
139. Ponnuchamy R, Bonhomme V, Prasad S, Das L, Patel P, Gaucherel C, et al. (2014) Honey Pollen: Using Melissopalynology to Understand Foraging Preferences of Bees in Tropical South India. *PLoS ONE* 9(7): e101618. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101618>
140. Pontis Alves onierison, Mendonça Alves da Costa Luiz Antonio, Reis da Silva Silvio José, Flash Adriana (Jan.-Mar. 2014), „ Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil”, *Food Science and Technology* ISSN 0101-2061,.
141. Physicochemical Composition of Local and Imported Honey Associated with Quality Standards- Hael S. A. Raweh,Ahmed Yacine Badjah-Hadj-Ahmed,,Javaid Iqbal,Abdulaziz S. Alqarni,*Foods* 2023, 12(11), 2181; <https://doi.org/10.3390/foods12112181>
142. Perna Annamaria, Simonetti Amalia, Intaglietta Immacolata, Sofo Adriano & Gambacorta Emilio (2012) „ Metal content of southern Italy honey of different botanical origins and its correlation with polyphenol content and antioxidant activity” *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1909–1917, 1909
143. Quality of Honey Imported into the United Arab Emirates- Tareq M. Osaili,Wael A. M. Bani Odeh,Maryam S. Al Sallagi,Ahmed A. S. A. Al Ali,Reyad S. Obaid,Vaidehi Garimella,Fatema Saeed Bin Bakhit,Ha,yder Hasan,Richard Holley, Nada El Darra -*Foods* 2023, 12(4), 729; <https://doi.org/10.3390/foods12040729>
144. Raoa Pasupuleti Visweswara, Krishnana Kumara Thevan, Sallehb Naguib, Ganc Hua Siew „Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless

- bees: a comparative review” , Journal Revista Brasileira de Farmacognosia” DOI link to publisher maintained version: <https://doi.org/10.1016/J.BJP.2016.01.012>
145. Raweh, Hael S. A., Ahmed Yacine Badjah-Hadj-Ahmed, Javaid Iqbal, and Abdulaziz S. Alqarni. 2022. "Impact of Different Storage Regimes on the Levels of Physicochemical Characteristics, Especially Free Acidity in Talh (*Acacia gerrardii* Benth.) Honey" *Molecules* 27, no. 18: 5959. <https://doi.org/10.3390/molecules27185959>
146. Rizov I, Rodriguez Cerezo E. European Coexistence Bureau. Best Practice Documents for coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming.
147. Rosane Gomes de Dliveira, Sona Jain, Alexandre Cândido Luna, Lisiane dos Santos Freitas, Edilson Divino de Araujd ,, Screening for quality indicators and phenolic compounds of biotechnological interest in honey samples from six species of stingless bees (Hymenoptera: Apidae)” *Food Science and Technology*, ISSN 0101-2061, Doi <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.25716>.
148. Ron Phipps. *American Bee Journal* (2023).”international honey market”
149. Reybroeck, W. (2017). Residues of antibiotics and chemotherapeutics in honey. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 97–112. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338129>
150. Reybroeck, W. (2003). Residues of antibiotics and sulphonamides in honey on the Belgian market. *Apiacta* 38: 23-30
151. Sabo Mirjana, POTOČNJAK Mirjana, BANJARI Ines, PETROVIĆ Danijela ,, Pollen analysis of honeys from Varaždin County, Croatia”, *Turk J Bot* 35 (2011) 581-587 © TÜBİTAK, 08.05.2011, doi:10.3906/bot-1009-86
152. Sahin, H., Turumtay, E. A., Yildiz, O., & Kolayli, S. (2015). Grayanotoxin-III Detection and Antioxidant Activity of Mad Honey. *International Journal of Food Properties*, 18(12), 2665–2674. <https://doi.org/10.1080/10942912.2014.999866>.
153. Sakač, Marijana, Pavle Jovanov, Aleksandar Marić, Dragana Četojević-Simin, Aleksandra Novaković, Dragana Plavšić, Dubravka Škrobot, and Renata Kovač. 2022. "Antioxidative,

- Antibacterial and Antiproliferative Properties of Honey Types from the Western Balkans" *Antioxidants* 11, no. 6: 1120. <https://doi.org/10.3390/antiox11061120>
154. Sakac Nikola, Sak-Bosnar Milan. 2012,, A rapid method for the determination of honey diastase activity”, Elsevier B.V. All rights reserved. doi:10.1016/j.talanta.2012.01.063.
155. Sana Ullah, Shahid Ullah Khan, Tawfik A. Saleh and Shah Fahad 5 th May 2018,,Mad Honey: uses, antotoxicating/poisoning effects, diagnosis and treatment” The Royal Society of Chemistry 2018, , DOI: 10.1039/c8ra01924j
156. Sarmento Silva Tania Maria, Santos dos Franciana Pereira, Evangelista-rodrigues Adriana, Sarmento da Silva Eva Monica, Sarmento da Silva Gerlania, de Novais Jailson Santos, de Assis Ribeiro dos Santos Francisco, Camara Amorim Celso. 2012,,Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant aCtivity of jandaira(Melipona subnitida) honey 0889-1575, Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2012.08.010>
157. Saridaki-Papakonstadinou M, Andredakis S., Burriel A., and Tsachev I., (2006)“Determination of tetracycline residues in Greek honey,” *Trakia Journal of Sciences*, vol. 4, no. 1, 33–36.
158. Solomon R., Satheer S., and Vimalan J., (2006)“Prevalence of antibiotics in nectar and honey in South Tamil Nadu, India,” *Integra Biosciences*, vol. 10, 163–167
159. Selvaraju, Kirthiga, Vikram, Paritala, Soon, Jan Mei ORCID: 0000-0003-0488-1434, Krishnan, Kumara Thevan and Mohammed, Arifullah (2019) *Melissopalynologica*, physicochemica and antioxidant properties of honey from West Coast of Malaysia. *Journal of Food Science and Technology*, 56 (5). pp. 2508-2521. ISSN 0022-1155, <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-019-03728-3>
160. Semih Otlés Editors, Kristbergsson Kristberg „Functional Properties of Traditional Foods” Springer ISBN 978-1-4899-7662-8 DOI 10.1007/978-1-4899-7662-8.
161. Shen Chongyu, Guo Siyan, Ding Tao, Liu Yun, Chen Lei, Fei Xiaoqing, Zhang Rui, Wu Bin, Shen Weijian, Chen Lei, Zhang Feng, Feng Feng, Deng Xiaojun, Yi Xionghai, Yang

- Gongjun, CHEN Guoqiang (2017) „, Determination of characteristic compound in Manuka honey by automatic on-line solid phase extraction-liquid chromatography-high resolution mass spectrometry” Chinese Journal of Chromatography Vol. 35 No. 10 1068-1072, October . DOI: 10.3724/SP.J.1123.2017.07009.
162. Shi Shen, Jingbo Wang, Qin Zhuo, Xi Chen, Tingting Liu and Shuang-Qing Zhang (2018) „Quantitative and Discriminative Evaluation of Contents of Phenolic and Flavonoid and Antioxidant Competence for Chinese Honey from Different Botanical Origins”, *Molecules* 23, 1110; doi:10.3390/molecules23051110 www.mdpi.com/journal/molecules
163. Sibel S, Enis YM, Hüseyin S, Timucin AA, Duran O. Analysis of grayanotoxin in *Rhododendron* honey and effect on antioxidant parameters in rats. *J Ethnopharmacol.* 2014 Oct 28;156:155-61. doi: 10.1016/j.jep.2014.08.027. Epub 2014 Sep 3. PMID: 25193682..
164. Sinem Duyum and Sophie Friedman. GAIN Report Number TR5021 (2015). „The Turkish Beekeeping and Honey Sector“
165. Sniderman JMK, Matley KA, Haberle SG, Cantrill DJ (2018) Pollen analysis of Australian honey. *PLoS ONE* 13(5): e0197545. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.019754>
166. Soares Sónia, Pinto Diana, Rodrigues Francisca, Rita C. Alves and M. Beatriz P. P. Oliveira 2017, „Portuguese Honey from Different Geographical and Botanical Origins: A 4-Year Stability Study Regarding Quality Parameters and Antioxidant Activity”, *Molecules*, 22, 1338; doi:10.3390/molecules22081338 www.mdpi.com/journal/molecules
167. Soares Sonia, Amaral Joana S., Oliveira Maria Beatriz P.P. and Mafra Isabel, „A Comprehensive Review on the Main Honey Authentication Issues: Production and Origin” 2017 Institute of Food Technologists, Vol.16,2017, doi:10.1111/1541-4337.12278.
168. Stuart J. Adams a, Richard J. Fussell a, Mike Dickinson a, Selwyn Wilkins b, Matthew Sharman (2009) „Study of the depletion of lincomycin residues in honey extracted from treated honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies and the effect of the shook swarm procedure“ Volume 637, Issues 1–2, Pages 315-320

169. Sohaimy S.A. El , Masry S.H.D., Shehata M.G. (2015), „Physicochemical characteristics of honey from different origins“ Pages 279-287
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178315000536>
170. Stefan Bogdanov, Honeys Types and styles according to processing and production(2016).” Book of Honey”, Chapter 6.
<https://www.researchgate.net/publication/304011787>
171. Stefan Bogdanova, Kaspar Ruoffa and Livia Persano Oddo (2004). “Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review” Volume 35, European unifloral honeysPage (s) S4 - S17 DOI<https://doi.org/10.1051/apido:2004047>
172. Subhash Ajmani, Kamalakar Jadhav, and Sudhir A. Kulkarni 2014 “Three-Dimensional QSAR Using the k-Nearest Neighbor Method and Its Interpretation ” Journal of Saudi Chemical Society, Pages 618-625 <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>
173. Sultan Ayoub Meoa, Saleh Ahmad Al-Asirib, Abdul Latief Mahesarc, Mohammad Javed Ansarid (2017),„Role of honey in modern medicine,” Pages 975-978,
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.010>
174. Sultan Ayoub Meoa, Saleh Ahmad Al-Asirib, Abdul Latief Mahesarc, Mohammad Javed Ansarid „Role of honey in modern medicine” Volume 24, Issue 5, July 2017, Pages 975-978, 24 December 2016, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.010>
175. Sudhanshu Saxena and Satyendra Gautam. ,, A Preliminary Cost Effective Qualitative Assay for Diastase Analysis in Honey” Insights in Enzyme Research ISSN 2573-4466, March 09, 2017 DOI: 10.21767/2573-4466.100007
176. Suzan zein Alabdeen Makawi, Elrasheed Ahmed Gadkriem and Saad Mohamed Hussein Ayoub ,, Determination of Antioxidant Flavonoids in Sudanese Honey Samples by Solid Phase Extraction and High Performance Liquid Chromatography” E-Journal of Chemistry ISSN: 0973-4945; CODEN ECJHAO 2009, 6(S1), S429-S437.
177. Ullah, S., Khan, S. U., Saleh, T. A., & Fahad, S. (2018). “Mad honey: uses,

178. Tu J.-Q., Zhang Z.-Y., Cui C.-X., and M. Li Y, Y. and Zhang Y.-P. ,, Fast Separation and Determination of Flavonoids in Honey Samples by Capillary Zone Electrophoresis” KUI-10/2017, February 17, 2017, DOI: 10.15255/KUI.2016.053.
179. Tedesco R, Scalabrin E, Malagnini V, Strojnik L, Ogrinc N, Capodaglio G. Characterization of Botanical Origin of Italian Honey by Carbohydrate Composition and Volatile Organic Compounds (VOCs). *Foods*. 2022; 11(16):2441. <https://doi.org/10.3390/foods11162441>
180. Thompson H. M., Waite R. J., Wilkins S. et al., (2005) “Effects of european foulbrood treatment regime on oxytetracycline levels in honey extracted from treated honeybee (*Apis mellifera*) colonies and toxicity to brood,” *Food Additives and Contaminants*, vol. 22, no. 6, 573–578
181. Trautvetter Sophie, Koelling-Speer Isabelle, Speer Karl. (2009,)Confirmation of phenolic acids and flavonoids in honeys by UPLC-MS. *Apidologie*, 40 (2), pp.140-150. (hal-00892006)
182. Tosi E., Martinet R., Ortega M, Lucero H. Re E. (2008) ,, Honey diastase activity modified by heating” *Food Chemistry* 106 883–887, doi:10.1016/j.foodchem.2007.04.025
183. Uthurry A Carlos, Hevia David, Gomez-Cordoves Carmen, Role of honey polyphenols in health” *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science* 3 (4): 141 - 159 (2011) 2011 DOI 10.3896/IBRA.4.03.4.01.
184. Ullah Sana, Ullah Khan Shahid, Saleh Tawfik A and Fahad Shah ,,Mad honey: uses, intoxicating/ poisoning effects, diagnosis, and treatment” *RSC Adv.*, 2018. DOI: 10.1039/c8ra01924
185. Uroš M. Gašić, DUšanka M. Milojković-opsenica, and Živoslav Ij. Tešić, Polyphenols as Possible Markers of Botanical Origin of Honey” *Journal of AoAC International* Vol. 100, No. 4, 2017.
186. Vazquez, Lua, Daniel Armada, Maria Celeiro, Thierry Dagnac, and Maria Llompart. 2021. "Evaluating the Presence and Contents of Phytochemicals in Honey Samples: Phenolic

- Compounds as Indicators to Identify Their Botanical Origin" *Foods* 10, no. 11: 2616.
<https://doi.org/10.3390/foods10112616>
187. Vidal J. L. M. , Aguilera-Luiz M. D. M., Romero-González R., and Frenich A. G., (2009) "Multiclass analysis of antibiotic residues in honey by ultraperformance liquid chromatography-tandem mass spectrometry," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 57, no. 5, 1760–1767.
188. Ya-Qin Wen, Jinzhen Zhang, Yi Li, Lanzhen Chen, Wen Zhao, Jinhui Zhou and Yue Jin „Characterization of Chinese Unifloral Honey Based on Proline and Phenolic Content as Markers of Botanical Origin, Using Multivariate Analysis”, *Molecules* 2017, 22, 735; doi:10.3390/molecules22050735 www.mdpi.com/journal/molecules
189. Wen, Ya-Qin, Jinzhen Zhang, Yi Li, Lanzhen Chen, Wen Zhao, Jinhui Zhou, and Yue Jin. 2017. "Characterization of Chinese Unifloral Honey Based on Proline and Phenolic Content as Markers of Botanical Origin, Using Multivariate Analysis" *Molecules* 22, no. 5: 735. <https://doi.org/10.3390/molecules22050735>
190. Wieczorek Jolanta, Pietrzak Monika, Pomianowski Janusz, Wieczorek Zbigniew (2014), „Honey as a source of bioactive compounds”, *Abbrev.: Pol. J. Natur.Sc.*, Vol 29(3): 275–285,
191. Yan, S., Wang, K., Al Naggar, Y., Vander Heyden, Y., Zhao, L., Wu, L., & Xue, X. (2022). "Natural plant toxins in honey: An ignored threat to human health". *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127682
192. Yuva Bellik, Mokrane Iguer-ouada November 2013 "Honey in the Food Industry" *Boukra Honey IT*, DOI: 10.1201/b15608-19
193. Yilmaz H. and Yavuz Ö. (1999) "Content of some trace metals in honey from south-eastern Anatolia," *Food Chemistry*, vol. 65, no. 4, 475–476
194. Živkov Baloš, Milica, Nenad Popov, Sandra Jakšić, Željko Mihaljev, Miloš Pelić, Radomir Ratajac, and Dragana Ljubojević Pelić. 2023. "Sunflower Honey—Evaluation of Quality and Stability during Storage" *Foods* 12, no. 13: 2585. <https://doi.org/10.3390/foods12132585>

195. https://www.parclabelleidee.fr/docs/productions/mad%20honey_a%20study_danny_z.pdf
196. <http://environment.cenn.org/app/uploads/2018/07/mcenareebi-saq-Nata.pdf>
197. <https://twobusybeeshoney.com/blogs/news/the-history-of-beekeeping>
198. <https://www.abebooks.com/9780715628270/World-History-Beekeeping-Honey-Hunting-0715628275/plp>
199. <https://www.jarahoney.com/>
200. <http://www.wildhoney.info/wild-forest-honey.html>
201. <https://www.statista.com/markets/415/topic/468/food-nutrition/#statistic4>
202. <https://www.statista.com/topics/5090/honey-market-worldwide/#topicOverview>
203. <https://www.beeculture.com/honey-market-growth>
204. https://www.pmcresearch.org/slider_file/c9b6645378a93d3a0.pdf
205. <https://geobeekeepers.ge/index.php?m=177>
206. https://cdn.cseindia.org/userfiles/Antiboitics_Honey.pdf
207. <https://www.merieuxnutrisciences.com/eu/antibiotic-residues-honey/>
208. <https://www.statista.com/chart/30033/production-quantity-of-natural-honey/>