აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

საინჟინრო-ტექნოლოგიური ფაკულტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მარიამ ბახტაძე

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ტექნოლოგიის შემუშავება და ფარმაკოლოგიური შეფასება

ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის (0410) დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

სამეცნიერო ხელძღვანელი: ტექნიკის მეცნიერებათა
დოქტორი, სრული პროფესორი
ვარდენ ხვედელიძე

ქუთაისი 2011

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი 4

1. ლიტერატურის მიმოხილვა 9

1.1. ლიტერატურის ანალიზური მიმოხილვა ჩაის წარმოების, მისი სასარგებლო თვისებების, ქიმიური შედგენილობისა და მისი განსაზღვრის მეთოდების სფეროში 9

1.2. თანამედროვე წარმოდგენა ჩაის ფოთლის კატექინებზე, მათი ბიოლოგიური აქტიურობა და გამოყენების პერსპექტივები 19

1.3. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის კლინიკური გამოცდების ზოგიერთი შედეგები 32

1.3.1. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გავლენა კანის ზოგიერთ დაავადებებზე 32

1.3.2. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გავლენა სისხლის კაპილარების შეღწევადობაზე 36

1.3.3. კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გამოყენების მაგალითები 41

1.4. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის ექსტრაჰირების წინაპირობები 45

1.5. ჩაის ორგანული გამხსნელით ექსტრაქცია და შროტის წყლით ექსტრაქციის წინაპირობები 51

1.6. მოკლე დასკვნები და მეცნიერული კვლევის ძირითადი მიმართულებები 59

2. კვლევის ობიექტები და მეთოდები 62

2.1 კვლევის ობიექტები 62

2.2. ქიმიური ანალიზის მეთოდები 63

2.2.1. ჩაის შროტის ექსტრაქტების ანტიოქსიდანტური აქტიურობის განსაზღვრის მეთოდიკა 64

2.3. ექსპერიმენტის დაგეგმვა და ოპტიმიზაცია 68

3. ჩაის შროტიდან ფენოლური ბუნების ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ექსტრაქციის ლაბორატორიული გამოკვლევა 69

3.1. ჩაის ნედლეულისა და მისი შროტის ქიმიური შედგენილობის გამოკვლევა 69

3.2. ჩაის შროტის წყლით ექსტრაქციის ლაბორატორიული გამოკვლევები შედეგები 72

3.2.1. ექსტრაქციის ხანგრძლივობის გავლენა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე 72
3.2.2. ექსტრაქციის ტემპერატურის გავლენა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე 76
3.2.3. ჩაის შროტისა და წყლის თანაფარდობის გავლენა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე 81
3.2.4. საექსტრაქციო მასის პულსაციის გავლენა ჩაის შროტიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე 83
4. ჩაის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ტექნოლოგიის დამუშავება 85
4.1. ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაციის პარამეტრებისა და მათზე მოქმედი ფაქტორების დასაბუთება 85
4.2. ჩაის შროტიდან კატექინების კომპლექსის ექსტრაქციის საწარმოო ექსპერიმენტის რეალიზაცია 88
4.3. ჩაის შროტის წყალხსნადი ექსტრაქტის დადკონცენტრირება 100
4.4. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა და აპარატურული გაფორმება 103
4.5. კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები 106
5. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის მოქმედების ფარმაკოლოგიური შეფასება 108
5.1. ანტიბაქტერიული აქტიურობის შესწავლა 108
5.2. ბიომასტიმულირებელი აქტიურობის შესწავლა 108
5.3. პრეპარატის სპაზმოლიზური აქტიურობის შესწავლა 110
5.4. მწვავე ტოქსიკურობის შესწავლა 111
5.5. პრეპარატის ადგილობრივ-გამაღიზიანებელი მოქმედების შესწავლა 114
5.6. პრეპარატის ალერგიული მოქმედების შესწავლა 115
6. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის სტანდარტიზაცია 116
ძირითადი დასკვნები 121
ლიტერატურა 123

შესავალი

თემის აქტუალობა. ორგანიზმიდან ტოქსიკური ნივთიერებების გამოდევნა ჯანმრთელობის შენარჩუნებისა და დაცვის მნიშვნელოვანი ფაქტორია. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიის დეპარტამენტში უკანასკნელ წლებში პირველად მსოფლიო პრაქტიკაში დამუშავდა ჩაის ფოთლის ექსტრაქტოვანი ზეთისა და მის ფუძეზე სხვადასხვა ეტიოლოგიის ჭრილობების სამკურნალო ახალი მაღალეფექტური პრეპარატის, „თიოლი“-ს წარმოების ტექნოლოგია, მიმართული ტერორიზმისა და საგანგებო სიტუაციებში ქვეყნის სამედიცინო უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად (ვ.ხვედელიძე, 2004-2011).

ჩაის ფოთლის ექსტრაქტოვანი ზეთის მიღების შემდეგ დარჩენილ შროტში თითქმის მთლიანადაა შენარჩუნებული წყალხსნადი ფენოლური ბუნების ნაერთები (არსებულის არანაკლები 90 %), ძირითადად, კატექინების კომპლექსის სახით. მათ ბაზაზე ამჟამად მუშავდება ძლიერი ანტიოქსიდანტური, ანტირადიანტული, ანტიტოქსიკური აქტიურობის სამკურნალო-პროფილაქტიკური დანიშნულების პრეპარატი (ვ.ხვედელიძე, 2009-2011).

უკანასკნელ წლებში ინტერესი ჩაის მიმართ მნიშვნელოვნად გაიზარდა მასში ძლიერი ანტიოქსიდანტების მაღალი შემცველობის გამო. ჩაის ძლიერი ანტიოქსიდანტური აქტიურობა განპირობებულია, ძირითადად, კატექინებით, რომლებიც მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა, განსაკუთრებით, ჩაის მწვანე ფოთოლში. კატექინების ჯამური შემცველობა ფოთოლის ხარისხის მიხედვით 6-დან 15%-მდე მერყეობს, რაც საკმაოდ შთამბეჭდავი მაჩვენებელია. უკანასკნელ წლებში გამოჩნდა მრავალრიცხოვანი სამეცნიერო პუბლიკაცია ჩაის ფოთლის პოლიფენოლებით ონკოლოგიური დაავადებების თავიდან აცილების ან დათრგუნვის შესახებ (Ahmad N. 1998; Katiyar S. K., 1996), კერძოდ, მწვანე ჩაის კატექინებით (Shim I. S., 1995; Valcics, 1996), შავი ჩაის თეაფლავინებით (Shirak S., 1994). ზოგადი მიმოხილვები თემებზე: „ჩაი და კიბო“ (Yang C. S., 1993), „ჩაი და ჯანმრთელობა“ (Weisburger Y. H., 1999), „ჩაით გაჯანსაღება“ (Anton M. N., 1996) და მრავალი სხვა.

ჩაის კატექინები წარმატებით გამოიყენება სწრაფადფუჭებადი კვების

პროდუქტების დასაცავად (He Y.,1997,2001). ჩაის პოლიფენოლები ორგანიზმში ადვილად უკავშირდებიან ცილებს და ეწინააღმდეგებიან ახალწარმონაქმნების წარმოშობას (Tosetti F., 2002; Bertoldi M., 2001). კატექინების კომპლექსი მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტიურობისა და ორგანიზმის სითხეებში ხსნადობის გამო ფლობს გამოხატულ სხივსაწინააღმდეგო მოქმედებას (Baroboy V.A., 2008). ასევე დადასტურებულია, რომ კატექინების კომპლექსის გამოყენება ეფექტურია სხვადასხვა ეტიოლოგიის კანის დაავადებების მკურნალობისას (ეგზემა, ტროფიკული წყლული, დერმატიტი, სისხლჩაქცევები თვალის ბადურაში და სხვა).

არსებობს მონაცემები, რომ ეპიგალოკატექინგალატი თრგუნავს ისეთ ბიოგამომწვევებს, როგორებიცაა Clostridium botulinum tozin, Epsilon toxin of Clostridium perfringens, Salmonella species, Shigella, Influenza virus და სხვა. ზოგადად კი, ჩაის ფოთლ;ის კატექინების კომპლექსი ბიოლოგიური აქტიურობით 25-100-ჯერ აღემატება ასკორბატსა და a-ტოკოფეროლს თანაბარ პირობებში (Vinson J.A.,, 1995; Webb T., 2000).

ნაჩვენებია, რომ მაღალკალორიული საკვების ფონზე მწვანე ჩაის კატექინების ზემოქმედება ორგანიზმში უზრუნველყოფს ლიპიდური და ჟანგვითი მეტაბოლიზმის ნორმალიზაციას, რაც განაპირობებს მიტოქონდრიული სისტემების მუშაობის აღდგენას. ნაჩვენებია ასევე, რომ ჩაის კატექინებს გააჩნიათ სპლენოციტების კულტურაზე ოქსიდაციური სტრესით ინდუცირებული აპოპტოზის ინტენსივობის დაქვეითების უნარი (თ.ჩანადირი, 2006).

აღვნიშნავთ, რომ მკვლევარების მიერ გაკეთებული დასკვნები, შესაძლებელია, თანამედროვე პირობებში საჭიროებენ დამატებით შემოწმებას და დაზუსტებებს. მაგრამ ფაქტია, რომ ორგანიზმისათვის სრულიად უსაფრთხო ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსი ფართო სპექტრის სამკურნალო-პროფილაქტიკური საშუალებაა, რომლის შესაძლებლობები ჯერ კიდევ არ არის ბოლომდე გახსნილი.

მცენარეული ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების დიდი უმრავლესობა (მათ შორის კატექინების კომპლექსი) ექსტრაჰირებით მიიღება. მიუხედავად ჩაის კულტურის ათასწლოვანი ისტორიისა, მისი ძირითადი აქტიური ნივთიერების - კატექინების კომპლექსის ექსტრაქციის პროცესი მეცნიერულად დღემდე

შეუსწავლელია. არ არის დადგენილი ის ძირითადი ფაქტორები და მათი დონეები, რომლებიც მოქმედებენ ნედლეულიდან კატექინების გამოსავლიანობასა და ექსტრაქტის ხარისხობრივ და რაოდენობრივ შედგენილობაზე, არ არის ჩამოყალიბებული კატექინების კომპლექსის მიღების რაციონალური ტექნოლოგიური სქემა, პროდუქტის სასაქონლო სახე და შენახვის პირობები.

ფენოლური ნაერთების (კატექინების) უნიკალურად მაღალი კონცენტრაცია და ძლიერი ანტიოქსიდანტური აქტიურობა ჩაის ფოთოლს ხდის არა მარტო მაღალი პროფილაქტიკური მნიშვნელობის ძვირფას კვების პროდუქტებად, არამედ ადამიანის ყველაზე უფრო გავრცელებული დაავადებების სამკურნალო საშუალებების ბუნებრივ წყაროდ. იმ დაავადებებისა, რომელთა პათოგენეზშიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს თავისუფალრადიკალური ჟანგვის, კერძოდ, ლიპიდური პეროქსიდაციის აქტივაცია. კატექინების კომპლექსის ფუძეზე ეფექტური სამკურნალო საშუალებების შექმნის შესაძლებლობას აფერხებს მისი შედარებით დაბალი ხსნადობა და ორგანიზმში ცხოვრების ნახევარპერიოდის მცირე ხანგრძლივობა. შესაბამისად, ჩაის კატექინების უფრო ხსნადი და ხანგრძლივად მოქმედი პრეპარატების მიღება და წარმოების საფუძვლების შექმნა მეტად პერსპექტიული და აქტუალური საკითხია.

პროექტის მიზანია ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის ოპტიმალური ექსტრაჰირებით ძლიერი ანტიოქსიდანტური, ანტიტოქსიკური და ბიოლოგიური გამაღიზიანებლების საწინააღმდეგო მოქმედების უსაფრთხო პრეპარატის (სუბსტანცია) წარმოების მეცნიერულად დასაბუთებული ტექნოლოგიური ხერხების და ნორმების, საწარმოო პროცესების კონტროლის, მზა პროდუქტის ფარმაკოლოგიური შეფასების და სტანდარტიზაციის მეთოდების შემუშავება.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად, არსებული გამოცდილების გათვალისწინებით, დავისახეთ შემდეგი ძირითადი ამოცანების გადაწყვეტა:

- ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის მიღება ლაბორატორიულ პირობებში და მისი ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზი;
- კატექინების კომპლექსის მიღების ტექნოლოგიური სქემის შემუშავება;
- წარმოების ოპტიმალური რეჟიმების დადგენა;

– კატექინების კომპლექსის პრეპარატის სტანდარტიზაციის მეთოდის შემუშავება და მოქმედების ფარმაკოლოგიური შეფასება.

მეცნიერული სიახლე

თეორიულად დასაბუთებული და ექსპერიმენტულად დადასტურებულია ჩაის ფოთლიდან კატექინების კომპლექსის ექსტრაჰირებისა და ნედლეულის ექსტრაქციისათვის მომზადების კანონზომიერებები. დადგენილია ჩაის ფოთლის ექსტრაქციის პროცესის ოპტიმიზაციის პარამეტრები, მათზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორები და ვარირების ინტერვალები. რეალიზებულია ოთხფაქტორიანი ცენტრალური კომპოზიციური როტატაბელური დაგეგმვის მატრიცა და პროცესი აღწერილია მეორე ხარისხის ადეკვატური რეგრესიის განტოლებებით, რომელთა საშუალებითაც ლაგრანჟის განუსაზღვრელ მამრავლთა კლასიკური მეთოდის გამოყენებით ნაპოვნია პროცესის წარმართვის ოპტიმალური რეჟიმები. მეცნიერულად დასაბუთებული და პრაქტიკულად რეალიზებულია კატექინების კომპლექსის პრეპარატის სტანდარტიზაციის ამპერომეტრული მეთოდი ანტიოქსიდანტური აქტიურობის განსაზღვრის გზით, მინა-ნახშირბადის ელექტროდის გამოყენებით.

პრაქტიკული ღირებულება

ნაშრომი განეკუთვნება წამალთა ტექნოლოგიების კატეგორიას, რომლის ძირითადი შედეგია ჩაის მწვანე ფოთლის კატექინების კომპლექსის ბაზაზე მაღალი ანტიოქისდანტური აქტიურობის სამკურნალო-პროფილაქტიკური პრეპარატების წარმოების ოპტიმალური რეჟიმებისა და ხარისხის კონტროლის მეთოდების შემუშავება. კატექინების კომპლექსის პრეპარატი არატოქსიკურია ხანგრძლივი გამოყენებისას, ცნობილ მცენარეულ ანტიოქსიდანტებს მნიშვნელოვნად აღემატება აქტიურობით. ის ფართო სპექტრისაა და მისი წარმოების აქტუალობა კიდევ უფრო იზრდება ეკოლოგიურად დაძაბული, რადიაციით დაბინძურებული რეგიონების მოსახლეობისათვის ყოველდღიურ რაციონში მისაღებად და პრაქტიკულად წარმოადგენს ჯანმრთელობის დაცვის სოციალურ შეკვეთას.

დასაცავად გამოტანილიდებულებები

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის წარმოების

ტექნოლოგიური სქემა და ოპტიმალური რეჟიმები; პრეპარატის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები და მისი სტანგარტიზაციის მეთოდიკა

ნაშრომი აპრობაცია

ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოხმენებულია აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სამეცნიერო ცენტრისა და ქიმიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტის სხდომებზე (2009-2011 წ.წ). ნაშრომის შედეგები განხილული და გამოქვეყნებულია შემდეგი საერთაშორისო კონფერენციების მასალებში:

- VII Всероссийская научная конференция «Химия и технология растительных веществ»б Сыктивкар, 2011;
- საერთაშორისო დაუსწრებელი სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „ მცენარეული ექსტრაქტების ქიმია და ტექნოლოგია“, ქუთაისი, აწსუ, 2011.
- საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „სუბტროპიკული სოფლის მეურნეობისა და გადამამუშავებელი მრეწველობის პრობლემები“, ოზურგეთი-ანასეული, 2010;
- IV Международная конференция «Экстракция органических соединений», Воронеж, 2010;
- Вскроссийская научно-практическая конференция «Биотехнология растительного сырья, качество и безопасность продуктов питания», Иркутск, 2010;
- საერთაშორისო კონფერენცია „სუბტროპიკული ზონის დარგების პრობლემები და მათი გადაჭრის გზები“, ქუთაისი, სსმსუ, 2010.

პუბლიკაცია

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 10 სამეცნიერო სტატია საქართველოს და საზღვარგარეთის რეიტინგულ პერიოდულ გამოცემებში.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა

სადისერტაციო ნაშრომი წარმოდგენილია კომპიუტერზე აკრებილ 135 გვერდზე და შედგება შესავლის, 6 თავის, ძირითადი დასკვნებისა და 225 დასახელების ლიტერატურული წყაროსაგან.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. ლიტერატურის ანალიზური მიმოხილვა ჩაის წარმოების, მისი სასარგებლო თვისებების, ქიმიური შედგენილობისა და განსაზღვრის მეთოდების სფეროში

ჩაი თანამედროვე პირობებში ყველაზე გავრცელელებული სასმელია. მას გამოიყენებს მსოფლიოს მოსახლეობის 2/3–ზე მეტი. ამასთან, გაცილებით ხშირად, ვიდრე ყავას. ჩაის ძირითადი მწარმოებლებია (ათასი ტონა): ინდოეთი – 850, ჩინეთი – 700, შრი–ლანკა – საშუალოდ 300, კენია – 270, ინდონეზია – 150, იაპონია 100–ზე მეტი, სამხრეთ აფრიკა – საშუალოდ 100, ვიეტნამი – 75, არგენტინა – 50. საერთოდ, ყოველწლიურად მსოფლიოს ორმოც ქვეყანაში აწარმოებენ 3 მილიონ ტონაზე მეტ ჩაის პროდუქციას. ჩაის საშუალო წლიური წარმოება–გასაღება შეფასებულია 20 მილიარდ აშშ დოლარად. ზოგიერთი ელიტური ხარისხის ჩაის ღირებულება კი 100 გრამზე 1000 აშშ დოლარს აჭარბებს.

რაც შეეხება ჩაის წარმოებას თანამედროვე საქართველოში – ის ქაოტურ, ძნელად პროგნოზირებად ხასიათს ატარებს მომავლის გაურკვეველი პერსპექტივით. ნადგურდება და განადგურების პირასაა მისული ათასობით ჰექტარი ჩაის პლანტაციები. ამ ფონზე აუცილებელია ჩაის ფოთლის სრულიად ახალი მიმართულების კომპლექსური უნარჩენო და მცირენარჩენიანი ტექნოლოგიების დამუშავება არატრადიციული საკვებ–პროფილაქტიკური და სამკურნალო–ფარმაცევტული დანიშნულების პროდუქციის წარმოებისათვის.

მსოფლიოში აღრიცხულია 3000–ზე მეტი ჩაის კომერციული ხარისხი, თუმცა ჩაის მცენარე Camellia sinensis მხოლოდ ორი სახეობისაა.

ფერმენტაციის ხარისხის მიხედვით ჩაი კლასიფიცირდება მწვანე, ყვითელ, თეთრ, წითელ და შავ სახეობებად. მწვანე ჩაის წარმოება ფერმენტაციის გარეშე ხდება (ფერმეანტაცია უმნიშვნელოა), ყვითელი, თეთრი და წითელი ჩაის წარმოება მიმდინარეობს ნაწილობრივი ფერმენტაციის პირობებში, ხოლო შავი ჩაის წარმოება – ფოთლის სრული ფერმენტაციით. ძირითადად მოიხმარება შავი და მწვანე ჩაი. მათი

წარმოების თანაფარდობა დაახლოებით 4:1–ს შეადგენს.

ჩაის წარმოებისათვის საუკეთესო პირობებია ცხელი და ტენიანი კლიმატი, «მუდმივი გაზაფხულის» პირობები. ამ დროს მცენარე სწრაფად იზრდება და სისტემატურად იძლევა ახალ ყლორტებს. ჩაის ფოთლისა და მზა პროდუქციის ხარისხზე ბევრი ბუნებრივი ფაქტორი მოქმედებს: ტენიანობა, ტემპერატურა; სიმაღლე, კრეფის დრო, ნიადაგის ტიპი, ზღვასთან და მთებთან სიახლოვე და სხვა. ცხადია, ჩაის პროდუქციის ხარისხი დიდად არის დამოკიდებული გადამუშავების ტექნოლოგიაზე, შენახვის პირობებზე, შეფუთვაზე და სხვა.

სამამულო ჩაის წარმოების ბიოქიმიისა და ტექნოლოგიის მეცნიერული საფუძვლების ჩამოყალიბებაში უდიდესი წვლილი მიუძღვით ქართველ და უცხოელ მეცნიერებს: ა.ი. ოპარინს [1.2.3]; ა.ლ. კურსანოვს [4.5.6.7.8], მ.ნ. ზაპრომეტოვს [9,10,11], მ.ა. ბოკუჩავას [12,13,14,15,16,17,18], კ.მ. ჯემუხაძეს [19,20,21], ი.ა. ხოჭოლავას [22], ვ.ე. ვორონცოვს [23,24], ე.ა. რობერტსს [25,26], გ.ი. ხარებავას [27,28], გ.ნ. ფრუიძეს [29,30], ნ.ი. ორაგველიძეს [31] და სხვებს. ამ მეცნიერთა ღვაწლის უგულებელყოფამ მიიყვანა სამამულო ჩაის მრეწველობა უმძიმეს მდგომარეობამდე.

ჩაის ქიმიური შედგენილობა და მისი ორგანოლეპტიკური თვისებები დამოკიდებულია, როგორც აღვნიშნეთ, იმაზე, თუ როგორი სისრულით მიმდინარეობს ნედლეულის გადამუშავების პროცესში ბიოქიმიური და ჟანგვითი გარდაქმნები. ერთი და იგივე ნედლეულიდან, 2-3 ფოთლიან დუყებიდან შესაძლებელია მივიღოთ სხვადასხვა სახის ბაიხის ჩაი [2,12,13,21,32,33].

ჩაის მოუხეშო და უხეში ფოთლიდან ამზადებენ მწვანე აგურა ჩაის, ხოლო დაბალი ხარისხის ჩაის პროდუქციიდან – ფილა ჩაის [12,13,34].

ამჟამად სხვადასხვა ქვეყანაში აწარმოებენ ასევე ხსნად ჩაის, ჩაის სხვადასხვა გემოვნებითი დანამატებით და ჩაის შემცვლელებს [35,36,37]. საქართველოში უკანასკნელ წლებში აწარმოებდნენ ხსნად ჩაის შაქრით, ჩაის თხევად კონცენტრატებს და უალკოჰოლო მატონიზირებელ სასმელებს მათ ფუძეზე, გრანულირებულ ჩაის, სხვადასხვა სახის არომატიზირებულ და გამდიდრებულ ჩაის [38,39,40,41].

ჩაის ქიმიური შედგენილობა საკმაოდ რთულია. მასში აღმოჩენილია ფენოლური ნაერთები, ეთერზეთები, ფისოვანი, ცილოვანი, პექტინოვანი ნივთიერებანი, ამი-

ნომჟავები, ალკალოიდები, ვიტამინები, ორგანული მჟავები, ნახშირწყლები, გლიკოზიდები, პიგმენტები, ფერმენტები, მინერალური ნივთიერებები, ლიპიდები და ლიპოიდები, მათი თანამგზავრი ნივთიერებები და სხვა. ჩაის ქიმიური შედგენილობის შესწავლის საქმეში მნიშვნელოვანი წარმატებებია მიღწეული [9,12,25,26,42,43,44].

ჩაის ქიმიური შედგენილობის თავისებურებები განსაზღვრავენ მის მნიშვნელოვან დიეტურ, ფარმაკოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ თვისებებს [12,18,45]. ჩაი დადებითად მოქმედებს ნერვულ, სისხლძარღვთა, საჭმლის მომნელებელ სისტემებზე, აუმჯობესებს გულის მოქმედებას. ჩაის ალკალოიდები – კოფეინი, თეოფილინი და თეობრომინი ხელს უწყობენ ტვინის სისხლძარღვთა გაფართოებას და წარმოადგენენ თავის ტკივილისა და დაღლილობის ერთ–ერთ საუკეთესო ნატურალურ პროფილაქტიკურ საშუალებას. ჩაის ფენოლურ ნაერთებს, განსაკუთრებით კატექინებს, აქვთ მკვეთრად გამოხატული P ვიტამინის თვისებები გაამაგრონ სისხლძარღვები და ამ მხრივ აღემატებიან სხვა ანალოგიურ პრეპარატებს. მაგალითად, ციტრინსა და რუთინს [7,17]. ასევე დადგენილია ჩაის პოლიფენოლების ანტიმიკრობული და ანტიმჟანგავი თვისებები. ამ უკანასკნელთანაა დაკავშირებული ჩაის კატექინების რადიოდამცველი მოქმედება [45]. დადგენილია, რომ ჩაის კატექინები თითქმის სრულად ანეიტრალებენ სტრონციუმ–90–ის მავნე მოქმედებას ადამიანის ორგანიზმზე. ისინი ადსორბირებენ იზოტოპებთან და მანამდე გამოჰყავთ ორგანიზმიდან, ვიდრე ძვლის ტვინამდე მიაღწევენ [46,47].

ჩაიში აღმოჩენილია ვიტამინების მთელი თაიგული. მათ შორის ასკორბინის, ნიკოტინისა და პანთოტენის მჟავები, თიამინი, რიბოფლავინი, ტოკოფეროლები, კაროტინოიდები, ვიტამინი K და სხვა [48,49,50,51]. ჩაი ორგანიზმის ამ ვიტამინებით ნაწილობრივ დაკმაყოფილების საშუალებას იძლევა. რაც შეეხება P ვიტამინს, ამ მხრივ ჩაი, განსაკუთრებით მწვანე, წარმოადგენს ორგანიზმისათვის მის მთავარ წყაროს. საერთოდ, ჩაი თავისი ქიმიური შედგენილობითა და არომატულ-გემოვნებითი თვისებებით ამ სასმელს მიმზიდველს ხდის მსოფლიოს მოსახლეობის დიდი ნაწილისათვის.

უკანასკნელ წლებში ინტერესი ჩაის მიმართ მნიშვნელოვნად გაიზარდა მასში ძლიერი ანტიოქსიდანტების მაღალი შემცველობის გამო. დადგენილია, რომ ბევრი

ავადმყოფობისა და სიბერის პროცესების ძირითადი მიზეზი ბიოლოგიურ სითხეებში თავისუფალი რადიკალების მოქმედებაა, რომლებიც როგორც ძლიერი მჟანგავები, აზიანებენ სისხლძარღვთა კედლებს, უჯრედთა მემბრანებს, ჟანგავენ ლიპიდებს. აღნიშნული ზემოქმედებები იწვევენ დიაბეტს, გულ–სისხლძარღვთა, ონკოლოგიურ და მრავალ სხვა სახიფათო დაავადებას.

ჩაის სისტემატური გამოყენება თრგუნავს ადამიანის ბიოლოგიურ სითხეში თავისუფალი რადიკალების მავნე ზემოქმედებას.

ჩაის ძლიერი ანტიოქსიდანტური აქტივობა დამოკიდებულია, ძირითადად, კატექინებზე, რომლებიც მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა განსაკუთრებით მწვანე ჩაიში. უკანასკნელ წლებში გამოჩნდა მრავალრიცხოვანი სამეცნიერო პუბლიკაცია ჩაის პოლიფენოლებით ონკოლოგიური დაავადებების თავიდან აცილების ან დათრგუნვის შესახებ [52,53,54,55,56], კერძოდ, მწვანე ჩაის კატექინებით [57,58,59], შავი ჩაის თეაფლავინებით [60]; ზოგადი მიმოხილვები თემებზე: «ჩაი და კიბო» [61], «ჩაი და ჯანმრთელობა» [62,63], «კიბოს თავიდან აცილება პოლიფენლებით და ჯანმრთელობის ოპტიმიზაცია» [64], «ჩაით გაჯანსაღება» [65] და მრავალი სხვა.

ჩაის ფოთლის ქიმიური შედგენილობისა და მისი გადამუშავების ბიოქიმიური თავისებურებების შესწავლა საშუალებას გვაძლევს შევიმუშავოთ მეცნიერულად დასაბუთებული ტექნოლოგიური ხერხები და ნორმები ნედლეულის ქიმიურ და მექანიკურ შედგენილობასთან შესაბამისობაში.

ამჟამად სხვადასხვა სახისა და ხარისხის ჩაის ქიმიური შედგენილობის შესასწავლად ფართოდ გამოიყენება ქრომატოგრაფირების მეთოდები. ისინი ვარგისია როგორც რუტინული, ისე სამეცნიერო–კვლევითი ანალიზებისათვის. უკანასკნელ წლებში გამოვიდა ათობით მიმოხილვა და სტატია, სადაც ჩაის კომპონენტების ანალიზისათვის იყენებდნენ აირის, სითხის და იონური ქრომატოგრაფირების ანალიზურ მეთოდებს [66,67,68,69,70,71,72]. უცნობი ნაერთების იდენტიფიკაციისათვის იყენებენ კომბინირებულ მეთოდებს: აირის ქრომატორგრაფია + მასსპექტრომეტრია, მაღალეფექტური სითხის ქრომატოგრაფია + მასსპექტროგრაფია, სითხის ქრომატოგრაფია+ინფრაწითელი სპექტრი, სითხის ქრომატოგრაფია+ბირთვული მეთოდი რადიაციული ინდიკატორით.

მწვანე ჩაის ექტსრაქტებიდან კატექინების სუფთა სახით გამოსაყოფად იყენებენ პრეპარატულ სითხის ქრომატოგრაფიას, თეაფლავინების სუფთა სახით გამოსაყოფად იყენებენ საწინააღმდეგო დენის ქრომატოგრაფიის მეთოდს. ანალიზის მგრძნობიარობის ასამაღლებლად ხშირად მიმართავენ მიკრომყარფაზიანი ექტსრაქციის მეთოდს, ასევე დაკონცენტრირების მეთოდს სპეციალურ ადსორბციულ კარტრიჯებზე.

კატექინები და ჩაის სხვა კომპონენტები განისაზღვრებიან არა მხოლოდ წყლიან ან სპირტიან ნაყენებში, არამედ ასევე ადამიანის ორგანიზმის ბიოლოგიურ სითხეებშიც ჩაის ნაყენის მიღების შემდეგ. კერძოდ, შარდში, ნერწყვში, პლაზმაში, კუჭის წვენში [67].

ჩაის ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრისათვის მეტწილად მიზანშეწონილია თანამედროვე მაღალეფექტური სითხის ქრომატოგრაფირების მეთოდის გამოყენება ულტრაიისფერი დეტექტორით [70]. ამას გარდა იყენებენ სხვა სახის დეტექტორებს: ამპერომეტრულ და კულონომეტრულ ელექტროქიმიურ დეტექტორებს [67,68], მას–სპექტრომეტრულს, ფლუოროექსცენტურსა და ხემილუმინესცენტურს.

აირის ქრომატოგრაფირების მეთოდი ალქმედი იონიზაციური დეტექტორით გამოიყენება ჩაის არომატის განმსაზღვრელი აქროლადი ორგანული კომპონენტების ანალიზისათვის.

ჩაის შედგენილობის ანალიზისათვის უკანასკნელ წლებში გამოყენება ჰპოვა კაპილარული ელექტროფორეზის მეთოდმა. უფრო ნაკლებად გამოიყენება თხელფენოვანი და ქაღალდის ქრომატოგრაფირების მეთოდები.

ქრომატოგრაფირებისა და სხვა მეთოდების დიდი შესაძლებლობების მიუხედავად ჩაის კონტროლის ოფიციალურ მეთოდებად მოძველებული ანალიზური და ორგანოლეპტიკური მეთოდები რჩებიან. მეტად აქტუალურად გვესახება ჩაის დეგუსტატორების (ტიტესტერების) დასკვნების კორელაციური კავშირის მოძებნა ჩაის ქიმიური ანალიზის თანამედროვე ქრომატოგრაფირების მეთოდების შედეგებთან. ჩაის ქიმიური ანალიზი საშუალებას მოგვცემს დავუკავშიროთ ჩაის ხარისხი და მის სასარგებლო და სამკურნალო თვისებები ჩაიში შემავალი გარკვეული კომპონენტების რაოდენობასთან და ამით მოგვეხდინა ჩაის წარმოების ტექნოლოგიის ოპტიმაზია.

ჩაის იმ ნაერთების ჩამონათვალი, რომელთა ანალიზი მიზანშეწონილია ჩავატაროთ ქრომატოგრაფირების მეთოდებით, მოყვანილია ცხრ.1–ში.

ცხრილი 1

ჩაის ნაერთების ჩამონათვალი, რომლებიც ექვემდებარებიან ქრომატოგრაფირების მეთოდებით ანალიზს

ჩაის საანალიზო ნაერთის ტიპი	ქრომატოგრაფირების მეთოდი და დეტექტორის ტიპი
აქროლადი ორგანული კომპონენტები	აქ, აქ+მს
პურინის ჯგუფის ალკალოიდები: კოფეინი, თეოფილინი, თეობრომინი	სმექ+უი; სმექ+ად
კატექინები (ფლავონოლები)	სმექ+ად (ან კდ); სმექ+მს
ფლავონოლები და მათი გლიკოზიდები	სმექ+მს
ფლავონები და მათი გლიკოზიდები	სმექ
თეაფლავინები	სმექ+უი; სმექ+მს
ქსანტინები	სმექ
თეარუბიგინები	სმექ
თავისუფალი ამინომჟავები	სმექ+ად
თეანინი (5–ეთილგლუტამინი)	სმექ+უი;
შაქრები	სმექ+ად; სმექ+უი
ვიტამინები	სმექ+უი; სმ ექ+მს
მჟავები	სმ ექ+კდ; კეფ
კათიონები და ანიონები	იქ+კდ

შენიშვნა: აქ მიღებულია მეთოდებისა და დეტექტორების შემდეგი შემოკლებები: სითხის მაღალეფექტური ქრომატოგრაფია – სმექ; აირის ქრომატოგრაფია – აქ; იონური ქრომატოგრაფია – იქ; კაპილარული ელექტროფორეზი – კეფ; ულტრაიისფერი დეტექტორი – უი; ამპერომეტრული დეტექტორი – ად; კულონომეტრული – კულ; კონდუქტომეტრული დეტექტორი – კდ; მასსპექტრომეტრული – მს.

კატექინები (ფლავონოლები). მწვანე ჩაიში გამოყოფენ 4–დან 12–მდე კატექინის ტიპს, რომლებიც მშრალი ფოთლის მასის 15...30%–ს შეადგენენ. როგორც უკვე

აღვნიშნეთ, ეს კატექინები – ძლიერ ანტიოქსიდანტებს წარმოადგენენ. შავ ჩაიში კატექინების შემცველობა არ აღემატება 9%–ს, ვინაიდან ისინი ფერმენტაციის პროცესში თეაფლავინებად და თეარუბიგინებად გარდაიქმნებიან (იჟანგებიან). ქრომატოგრაფირების მეთოდებით განსაზღვრული კატექინების შემცველობა მწვანე ჩაიში იცვლება 10–დან 120 მგ/გ–მდე (მშრალ ჩაიზე გადაანგარიშებით). ყველაზე მეტი რაოდენობით ჩაი შეიცავს ოთხი ტიპის კატექინს. ესენია: ეპიგალოკატექინი (EGC), ეპიგალოკატექინგალატი $(EGCG)$, ეპიკატექინი (EC) და ეპიკატექინგალატი (ECG). უფრო ნაკლები რაოდენობით გვხვდება გალოკატექინი (GC), კატექინი (C) და გალოკატექინგალატი (GCG).

საინტერესო ექსპერიმენტების შედეგებია მოყვანილი ნაშრომში [73]. განისაზღვრა ჩაის ნაყენში კატექინების ჯამური შემცველობა დაყენებიდან 5–120 წუთის განმავლობაში. ნაჩვენებია, რომ ნაყენში კატექინების ჯამური შემცველობა დროში იზრდება 20 წუთამდე, შემდეაგ ზრდის ტემპი მნიშვნელოვნად მცირდება და უკვე 100...120 წუთის განმავლობაში ის პრაქტიკულად ნულის ტოლია. გაზომვები შესრულდა «ცვეტ–იაუზა»–ს მოდიფიცირებული ხელსაწყოს «ცვეტ–იაუზა–01–AA«–ს საშუალებით, რომელიც ცნობილია, როგორც ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ანალიზატორი და დამზადებულია რუსეთის ფედერაციის სამეცნიერო–საწარმოო გაერთიანება «ქიმავტომვატიკა»–ში. არსებობს პირდაპირი კავშირი ჩაის ანტიოქსიდანტურ მახასიათებელსა და საწყისი ნედლეულის ხარისხს შორის. ჩაის AOA ძირითადად დაკავშირებულია მასში კატექინების შემცველობაზე. ეს მოსაზრება განსაკუთრებით სამართლიანია მწვანე ჩაისათვის. ჩაის სარეკლამო ლიტერატურაში მოყვანილია მონაცემები, რომ ჩაის კვირტი შეიცავს 30%–მდე კატექინებს მშრალ მასაზე, პირველი ფოთოლი – 25%–ს, მეორე – 20%–ს და ა.შ.

ნაშრომში [74] კატექინები განსაზღვრულია სამი სახის ჩინურ მწვანე ჩაიში, ორი სახის იაპონურ მწვანე ჩაიში, იაპონურ შავ ჩაისა და ფხვილისებრ იაპონურ მწვანე ჩაიში. გამოყენებული იყო ანალიზის სმექ–ის მეთოდი ამპერომეტრული დეტექტორით. კატექინების ჯამურმა შემცველობამ სხვადასხვა სახის ჩინურ მწვანე ჩაიში (Luan Guapain, Longjin, Maofeng) შესაბამისად შეადგინა 91,6; 100,4 და 123,3 მგ/გ (მშრალ მასაზე), იაპონურში (suntory, dinasty) – 86,8 და 95,4 მგ/გ, შავ ჩაიში (hoji-cha) –

11,5 მგ/გ, იაპონურ მწვანე ფხვნილისებრ ჩაიში (Sunphenon) 170,5 მგ/გ. როგორც ვხედავთ, კატექინები შავ ჩაიში 8...15–ჯერ ნაკლებია, ვიდრე მწვანეში. კატექინების მომეტებული შემცველობით გამოირჩევა იაპონური ფხვნილისებრი მწვანე ჩაი, რომელიც, ძირითადად, ჩაის ცერემონიებზე გამოიყენება [74].

მწვანე ჩაიში კატექინების საერთო შემცველობიდან 54...70%–ს შეადგენს $EGCG$, 8...19% – EGC, 9...12%–ს – ECG, 2...8%–ს – EC, ხოლო ყველა დანარჩენი კატექინი – 5%–ზე ნაკლებს.

ნაშრომში [70] სმექ–ის მეთოდით განისაზღვრა ოთხი ძირითადი კატექინის, გალის მჟავასა და კოფეინის შემცველობა სხვადასხვა სახის მწვანე ჩაიში (Meifo, Shanghai, Jasmine, Hangzhon, Lung Ching), ყვითელ ჩაიში (Fagian, Jiongxi), შავ ჩაიში (Fujian).

კატექინების შემცველობამ მწვანე ჩაიში შეადგინა (მგ/გ): $EGCG$–52...63, EGC–27...37, ECG–11...22, EC–7...10. ყვითელ ჩაიში ამ კატექინების შემცველობა 2...2,5–ჯერ ნაკლებია, ხოლო შავ ჩაიში – 10–ჯერ ნაკლები, ვიდრე მწვანე ჩაიში. გალის მჟავას შემცველობა ყველა სახის ჩაიში იცვლებოდა 0,4...5 მგ/გ ზღვრებში, კოფეინის – 0,7...3 მგ/გ.

კაპილარული ელექტროფორეზით (კეფ) ნაშრომში [74] განსაზღვრულია ძირითადი კატექინები, კოფეინი, თეოფილინი და ასკორბინის მჟავა იაპონურ მწვანე ჩაიში sencha და guaKurox (მგ/ლ): $EGCG$–300...500, ECG – 60...120, EGC–140...450, EC–51...150. კოფეინის შემცველობა განისაზღვრა 160...260 მგ/ლ ფარგლებში, თეანინის – 230...250 მგ/ლ და ასკორბინის მჟავის – 30...80 მგ/ლ.

კატექინების შემცველობა განისაზღვრა ბიოლოგიურ სითხეებშიც (პლაზმა, ნერწყვი, შარდი) ჩაის მიღებიდან 1 საათის შემდეგ. პლაზმაში აღმოჩენილია (მკგ/ლ): $EGCG$–170...180, EGC–150...160, ECG–85...87, EC–64...71 [67].

თეაფლავინებს შეიცავს შავი ჩაი 3...6%–ის ოდენობით. მის შემცველობაზეა დამოკიდებული ჩაის ნარინჯისფერ წითელი შეფერილობის ინტენსიურობა. მწვანე ჩაიში ეს ნივთიერება მცირეა. ფერმენტაციის პროცესში მჟანგავი რეაქციების ზეგავლენით გარდაიქმნებიან თეაფლავინებად. ამ დროს კატალიზატორის როლს ასრულებენ ენზიმები. სმექ–ის მეთოდებით ნარევი იყოფა: თეაფლავინი, თეაფლავინ–3–გალატი,

თეაფლავინ–3, 3′ –გალატი [71].

თეარუბიგინები მაღალმოლეკულური ნაერთებია მოლეკულური მასით 1000–დან 40000Da–მდე [71]. შავ ჩაიში მათი შემცველობა შესაძლებელია იყოს 10–დან 18%–მდე მშრალ მასაზე. თეარუბიგინები ანიჭებენ ნაყენს უფრო ინტენსიურ შეფერილობას, ვიდრე თეაფლავინები. თეარუბიგინის ცალკეული ფრაქციების გამოღებას ახდენენ ეთილაცეტატით, დიეთილის ეთერით, H–ბუთანით. გარკვეულ პირობებში თეარუბიგინები იშლებიან ანტოციანიდინებად, გალის მჟავად და ფლავონოლებად. ჰელ-ქრომატოგრაფირების მეთოდით და სპექტრომეტრული დეტექტორით თეარუბიგინებს ყოფენ 440-460 ნმ ტალღის სიგრძეზე.

პურინის ჯგუფის ალკალოიდები. კოფეინის შემცველობა შავ ჩაიში იცვლება 1,5...4% ფარგლებში, თეობრომინის – 0,2...0,4%, თეოფილინის – 0,02%–ზე ნაკლები [70]. ლიტერატურაში გრძელდება დისკუსია კოფეინის ავ–კარგიანობაზე. ამერიკის შეერთებულ შტატებში ფართოდაა გავრცელებული უკოფეინო ჩაის გამოყენება.

ამინომჟავები. ჩაიში განისაზღვრება შემდეგი თავისუფალი ამინომჟავები: გლუტამინი, ასპარაგინი, ალანინი, თრეონინი, სერინი, პროლინი, იზოლეიცინი, ლეიცინი, მეთიონინი, გულამინის მჟავა, ჰისტიდინი, ფენილალანინი, თიროზინი. მათი შემცველობა ჩაიში 0,1...10 მგ/გ–ს შეადგენს [69]. მწვანე ჩაიში ამინომჟავების შემცველობა მისი ხარისხის განმსაზღვრელი კრიტერიუმია. კერძოდ, თეანინის შემცველობა იაპონურ მწვანე ჩაიში მისი მაღალი ხარისხის მახასიათებელია. ის ანიჭებს ჩაის ნაყენს დელიკატურ გემოვნებას. უკანასკნელ ხანებში თეანინს განაკუთვნებენ ანტიკონცერაგენულ ნაერთთა რიგს. ის ასევე ამცირებს სეროტინონისა და ნორადრენალინის შემცველობას ტვინში და დაბლა წევს წნევას. იაპონური მწვანე ჩაის ზოგიერთ სახეობაში თეანინის შემცველობა 8...10 მგ/გ–ს შეადგენს, გლუტამინის – 1,5...3 მგ/გ–ს.

შაქრები. მწვანე ჩაიში, ძირითადად არის (მგ/გ): გლუკოზა – 06...1,3, ფრუქტოზა – 0,4...0,9, სუკროზა – 6...10. დამუშავებულია ჩაის შაქრებისა და თავისუფალი ამინომჟავების ერთდროულად განსაზღვრის მარტივი, პირდაპირი და ეფექტური მეთოდი ანიონმცვლელი ქრომატოგრაფირების მეთოდისა და ამპერიომეტრული ოქროს მუშა ელექტროდიანი დეტექტორის გამოყენებით [69]. მანამდე აღნიშნულ ანალიზს ასრულებდნენ შაქრების დერივატიზაციის პირობებში.

ვიტამინები. გამოქვეყნებულია ქრომატოგრაფირების მეთოდებით ჩაიში ვიტამინების ანალიზის შედეგები. კერძოდ, *C* და *E* ვიტამინების განსაზღვრის მეთოდიკები. ჩაიში სმექ–ის მეთოდითა და ამპერომეტრული დეტექტორით განსაზღვრავენ ასკორბინის მჟავას. მწვანე ჩაიში მისი შემცველობა 1,7...2 მგ/გ–ს აღწევს. ვიტამინი *E* (ტოკოფეროლები) აღმოჩენილია შედარებით ნაკლები [76], რაც არ დასტურდება ვ.ხვედელიძის უკანასკნელი მონაცემებით. მწვანე ჩაიში, მოუხეშო და უხეში ფრაქციის მომეტებული რაოდენობით, ჯამური ტოკოფეროლების შემცველობა 1,5...1,6 მგ/გ–ს აღემატება [75].

სმექ–ის მეთოდებით განისაზღვრება ჩაიში კაროტინოიდებისა და ქლოროფილების შემცველობაც, რომელთა რაოდენობრივი მონაცემები და ცვალებადობა გადამუშავების პროცესში მოცემულია ნაშრომში [75].

კათიონები და ანიონები. იონური ქრომატოგრაფიის მეთოდებით და კაპილარული ელექტროფორეზით ჩაიში შესწავლილია ტუტე მეტალების, ამონიუმის კათიონები და ძირითადი ანიონები ოქსალატების ჩათვლით, რომლებსაც შესწევთ თირკმლებში ქვის წარმოქმნის უნარი. გულის მოქმედებისათვის მნიშვნელოვანია ჩაიში კალიუმის შემცველობა. ალუმინის შესაძლო ტოქსიკურობის გამო შემუშავებულია მისი განსაზღვრის მეთოდი ექსკლუზიური ქრომატოგრაფირებით. მძიმე მეტალების განსაზღვრას აწარმოებენ ჩაის ხსნარებში სმექ–ით მეთოდითა და ინდუქციურად დაკავშირებული პლაზმის დეტექტორის გამოყენებით [71].

მჟავები. ძირითადი ფენოლური მჟავა ჩაიში გალის მჟავა (ნახ.4). მასში იმყოფება გალის მჟავის ეთერი, კერძოდ, თეოგალინი. გალის მჟავის შემცველობა ჩინურ ჩაის ნიმუშებში შეადგენს 0,4...1,6 მგ/ლგ–ს.

კაპილარული ელექტროფორეზის საშუალებით ამავდროულად განისაზღვრება მჟაუნმჟავა, ვაშლის, ლიმონის, ქინაქინის მჟავები.

ზემოთმოყვანილი მონაცემები უდავოდ მეტყველებენ მწვანე ჩაის დიდ სასიკეთო თვისებებზე. ეს განპირობებულია მასში დაუჟანგავი კატექინების არსებობით, ისინი კი ხასიათდებიან უდიდესი ანტიოქსიდანტური აქტიურობით. ამას გარდა, მწვანე ჩაი შეიცავს გაცილებით მეტ *C* და *E* ვიტამინებს. ნაშრომში [73] მოყვანილია ჩაის ანტიმუტაგენური აქტივობის კვლევის შედეგები. ექსპერიმენტული მონაცემები

უტყუარად ადასტურებენ მწვანე ჩაის ძლიერ ანტიმუტაგენურ ეფექტს. ითვლება, რომ დღეღამეში 5-10 ჭიქა მწვანე ჩაის მიღება დაიცავს ორგანიზმს მრავალი საშიში დაავადებისაგან. ჩატარებულია ფართომასშტაბიანი კლინიკური გამოკვლევები მწვანე ჩაის გავლენის დასადგენად ავთვისებიანი წარმონაქმნების ზრდაზე. აღინიშნება ახალწარმონაქმნთა ზრდის მნიშვნელოვანი დამუხრუჭება.

ამრიგად, ჩაიში მნიშვნელოვანი რაოდენობით შემავალი ბიოლოგიურად აქტიური კომპონენტებს, იაფ ჩაის მწვანე ნედლეულს ჩაის პლანტაციების პრაქტიკულად გამოუყენებლობის ფონზე და საკვებზე ნატურალური მცენარეული ბიოლოგიურად აქტიური დანამატებისა და სამკურნალო–პროფილაქტიკური პრეპარატების მწვავე დეფიციტს მივყავართ ჩაის არსებული კეთილსასურველი პოტენციალის რაციონალური გამოყენების აუცილებლობამდე.

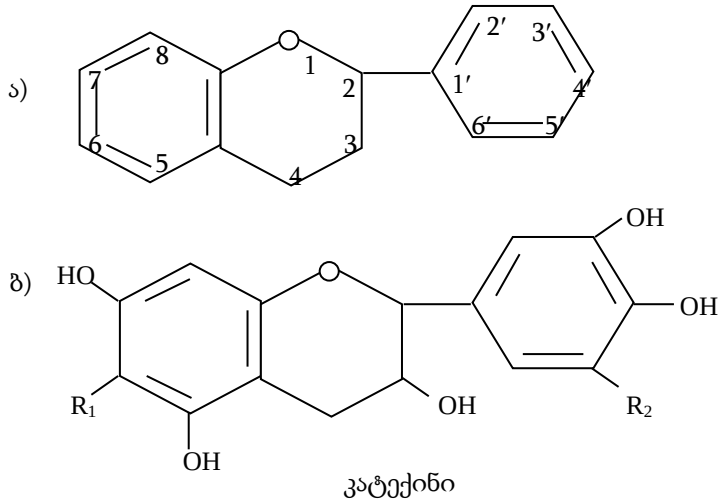
1.2. თანამედროვე წარმოდგენა ჩაის ფოთლის კატექინებზე, მათი ბიოლოგიური აქტიურობა და გამოყენება

ჩაის ფოთლის კატექინები: სტრუქტურა, ბიოლოგიური აქტივობა და გამოყენება. სხვადასხვაგვარი ფენოლური ნაერთები ფართოდ არის გავრცელებული მცენარეებში. ისინი წარმოდგენილი არიან ყველა უმაღლეს და უმეტესწილ უმდაბლეს მცენარეებში. პოლიფენოლების დიდ რაოდენობას შეიცავს ჩაის ფოთოლი და ქიმიური ნაერთების ეს ჯგუფი წარმოდგენილია ძირითადად, კატექინებითა და მათ გალური ეთერებით [77].

ფენოლური ნაერთები მცენარეული ქსოვილების მნიშვნელოვანი მუდმივი კომპონენტებია და წარმოადგენენ მეორადი მეტაბოლიზმის პროდუქტებს. იდენტიფიცირებულია 20000-მდე ინდივიდუალური ფენოლი და მათი ახალი სახეობების გამოვლენა დღესაც გრძელდება.

სხვადასხვა ფენოლის ნახშირბადული ჩონჩხი იცვლება C_1-დან C_6–C_3–C_6-მდე,

შეიცავს ერთ ან რამდენიმე ბენზოლურ რგოლს, ხოლო ქიმიური ან ბიოლოგიური აქტიურობა დაკავშირებულია მათში ერთი ან რამდენიმე ჰიდროქსილური და კარბონული ჯგუფის არსებობით. მცენარეული ფენოლებიდან ყველაზე მრავალრიცხოვანი და გავრცელებულია ფლავონოიდები (C_6–C_3–C_6). მათი მოლეკულა შედგება ორი ექვსწევრიანი A და B რგოლისაგან, რომლებიც სამნახშირბადიანი ფრაგმენტით არიან დაკავშირებული. უმეტესწილად ეს ფრაგმენტი ქმნის მესამე რგოლს, გეტეროციკლს, ჟანგბადის ატომის მონაწილეობით (ნახ.1).

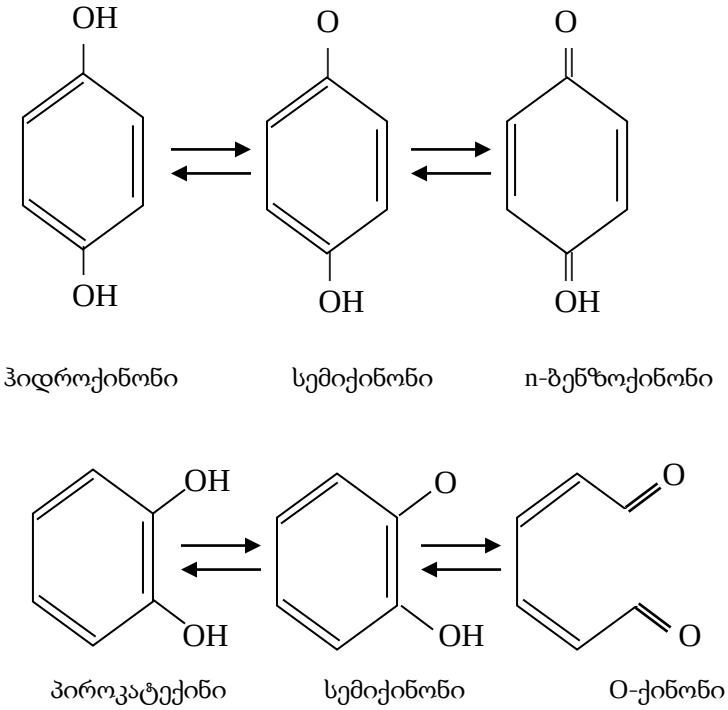


ნახ.1. კატექინების სტრუქტურა:
ა) ფლავონოიდების ნახშირბადული ჩონჩხი და რგოლებში ატომების ნუმერაცია;
ბ) R_1=R_2=H – (+) კატექინი (+) – C;
R_1=OH; R_2=H – ეპიგალოკატექინი (EGC);
R_1=H; R_2=OH – ეპიკატექინგალატი (ECG);
R_1=R_2=OH – ეპიგალოკატექინგალატი (EGCG).

სხვადასხვა კლასიფიკაციით ანსხვავებენ ფლავონოიდების 8-12 კლასს [77-79]. ყველაზე მაღალი და მრავალფეროვანი ბიოლოგიური აქტიურობით ის ფენოლები გამოირჩევიან, რომლებიც შეიცავენ ორთო- (მაგალითად, A რგოლის მე-6 და მე-7 ატომებთან), პარა- (მე-5 და მე-8 ატომებთან) ან მეტა- (მე-6, მე-7 და მე-8 ატომებთან) მდგომარეობაში განლაგებულ რამდენიმე ჰიდროქსილურ ჯგუფს. ასეთ ფენოლებს ძალუძთ განიცადონ შექცევადი დაჟანგვა ქინონებამდე თავისუფალი რადიკალის

(სემიქინონი, ფენოქსილი) შუალედური სტადიის გავლით (ნახ.2).

პოლიფენოლებს, განსაკუთრებით მაღალმოლეკულურს, მთრიმლავ ნივთიერებებს - ტანინებსაც უწოდებენ, ვინაიდან მათ გააჩნიათ ცხოველთა კანის ცილებთან მტკიცე დაკავშირების უნარი. რაც შეეხება ტერმინს „ბიოფლავონოიდები“, ის ასოცირდება აღნიშნული ნაერთების მაღალ ბიოლოგიურ აქტივობასთან.



ნახ.2. O- და P-დიფენოლების შექცევადი ჟანგვის სქემა

ფლავონოიდების კლასებს ანსხვავებენ ორმაგი კავშირების $_8C_2=C_{3u}$, კარბონული ჯგუფის $_8C_4=0$ არსებობით ან არარსებობით, β რგოლის მიერთებით ნახშირბადის მე-2 ან მე-3 ატომთან [79, 81]. ჩაის ფოთოლი შეიცავს პოლიფენოლებს, უმეტესწილად, კატექინების სახით [83, 84], კოფეინს, თეოფილინს, თეობრომინს, საპონინებს, უმნიშვნელო რაოდენობის ეთერზეთებს, ცილებს, ამინომჟავებს, ნახშირწყლებს, ვიტამინებს, მიკროელემენტებს, მათ შორის, ფტორს. ზაფხულში ჩაის ფოთოლში 1,4-1,5-ჯერ მეტი ფენოლებია, ვიდრე შემოდგომაზე.

ჩაის ფოთლის პოლიფენოლების ძირითად მასას წარმოადგენენ კატექინები (ფლავანები). პოლიფენოლების სხვა კლასებისაგან განსხვავებით ისინი არ შეიცავენ მე-4 მდგომარეობაში როგორც კარბუნულ, ისე ჰიდროქსილურ ჯგუფებს. ისინი

ფლავონოიდების ყველაზე აღდგენილი ფორმებია და, შესაბამისად, ფლობენ მაღალ ანტიოქსიდანტურ პოტენციალს, მიდრეკილება აქვთ თვითჟანგვასა და ფერმენტაციულ ჟანგვასთან [87]. კატექინების გარდა ჩაიში არის ფლავონოლების გლიკოზიდები - კვერცეტინის, კემპფეროლის, მირიცეტინის [88], ასევე ნეროლიდოლი, β-იონონი, δ-კადენინი, β-კარიოფილენი, რომლებიც ფლობენ ზომიერ in vitro ციტოტოქსიკურ აქტიურობას [89]. ჩაის ფოთოლი შეიცავს მცირე რაოდენობით ფლავანდიოლებსა და ფენოლურ მჟავებს [90]. ჩაის კატექინებია: (+)-კატექინი (C), (–)-ეპიკატექინი (EC), (+)-გალოკატექინი (GC), (–)-ეპიგალოკატექინი (EGC), (–)-ეპიკატექინ-3-გალატი (ECG) და ეპიგალოკატექინ-3-გალატი (EGCG).კატექინები შეიცავენ A და B რგოლებში ორ-ორ O-ჰიდროქსილს. გალური მჟავა ფლობს სამ რიგად განლაგებულ ჰიდროქსილურ ჯგუფებს. ამიტომაც, A რგოლში მესამე ჰიდროქსილის გამოჩენამ კატექინი გარდაქმნა გალოკატექინად, ხოლო B რგოლში - კატექინგალატად. EGCG - ყველაზე გალირებული კატექინია (შეიცავს 6 ჰიდროქსილურ ჯგუფს), რომელიც ფლობს მაქსიმალურ ანტიოქსიდანტურ (AO) და ბიოლოგიურ აქტიურობას [79, 81,90].

მწვანე ჩაიში ფერმენტაცია და ჟანგვა მთლიანად გამორიცხულია. ამიტომაც მასში კატექინების, განსაკუთრებით EGCG შემცველობა მნიშვნელოვნად მეტია, ვიდრე შავ ჩაიში [140]. ფერმენტაციას მივყავართ ჯერ კატექინ-ქინონების წარმოქმნამდე, ხოლო შემდეგ ვღებულობთ ოლიგომერებს - თეაფლავინებს და თეარუბიგინებს, რომლებიც ასევე მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტიურობით გამოირჩევიან [14]. მიუხედავად ამისა, ზოგადად მწვანე ჩაის აქტიურობა შავ ჩაისას მნიშვნელოვნად აღემატება [142]. შავ ჩაიში კატექინების მხოლოდ 5-10% გადადის უცვლელად [163]. თუმცა არსებობს ზოგი ავტორის მოსაზრება, რომ შავი ჩაის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა მწვანე ჩაიზე მეტიც კი არის, ხოლო თეაფლავინი მათი აზრით ყველაზე ძლიერად თრგუნავს აზოტის ჟანგვის პროდუქციას და ამცირებს მის სინთეზს INOS დახმარებით [144]. თეაფლავინები დიმერული კატექინებია, რომლებიც აძლევენ შავ ჩაის ნარინჯისფერ- მოწითალო შეფერილობას [145]. შემდგომი ჟანგვითი პოლიმერიზაციის პროდუქტია თეარუბიგინები. თეაფლავინები და თეარუბიგინები აძლევენ შავ ჩაის ნარინჯისფერ-მოწითალო

შეფერილობას [145]. შემდგომი ჟანგვითი პოლიმერიზაციის პროდუქტია თეარუბიგინები. თეაფლავინები და თეარუბიგინები აძლევენ შავ ჩაის ანტიოქსიდანტურ, ანთებისსაწინააღმდეგო, ინგიბიტორულ, შეკავებისმომხსნელ აქტიურობას [141, 145, 146].

თუ ფერმენტაციის პროცესი გაგრძელდა ვღებულობთ ჰიდროლიზებად გალოტანინებს მოლეკულური მასით 500-3000 და უფრო კონდენსირებულ ტანინებს. ასეთი ტანინები კატექინების გარდა წარმოიქმნებიან პროანტოციანიდინებიდანაც. წყალში ისინი უხსნადია. ტანინები, საკვებთან ერთად ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ, ამცირებენ სხეულის მასას, ცილების, ცხიმების, ამინომჟავების, ნახშირწყლების, ვიტამინების, რკინის და სხვა მეტალების ათვისებას, მოქმედებენ რა როგორც ენტეროსორბენტები. ტანინები ქმნიან მტკიცე განივ კავშირებს ცილებთან ტანინების –OH-ჯგუფებისა და ცილების კარბონული ჯგუფების მეშვეობით. აღნიშნული წარმოადგენს მთრიმლავი ეფექტის საფუძველს [148]. ტანინები, საკვებმომნელებელი ტრაქტის გავლისას, ახდენენ მადეზინფიცირებელ, ანთებისაწინააღმდეგო მოქმედებას ლორწოვან გარსზე, სტიმულირებს პერისტალტიკას.

ანტიოქსიდანტური აქტიურობა

ჩაის კატექინების ჯამი ფლობს უმაღლეს ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას: ის 25-100-ჯერ აღემატება α–ტოკოფეროლისა და ასკორბატის ანალოგიურ აქტიურობას შესადარებელ პირობებში [86]. EGCG წარმოადგენს მცენარეული წარმოშობის ყველაზე ძლიერ ანტიოქსიდანტს [87]. კატექინები, მოქმედებენ რა თავისუფალ რადიკალებთან, ისევე როგორც სხვა ფენოლური ნაერთები ანეიტრალიზებენ მათ ისე, რომ თავად გარდაიქმნებიან სტაბილურ რადიკალებად და არ აგრძელებენ ჯაჭვს [90]. ისინი მოქმედებენ შემდეგი მექანიზმების შესაბამისობაში: ანტირადიკალური (OH^1 და O^{2-} წინააღმდეგ); ანტილიპოპეროქსიდანტური (R′ - ალკილრადიკალის, ROO′ - პეროქსირადიკალის და RO′ - ალკოქსირადიკალის წინააღმდეგ); ანტიჟანგბადური (O^2 და $^1O^2$ წინააღმდეგ); მეტალების ქელატირება [93]. კატექინები მოქმედებენ ასევე როგორც აზოტის ჟანგის რადიკალების დამჭერები [18], იცავენ რა ნიტრირებისა და დაჟანგვისაგან [95, 96]. კატექინები In vitro წარმატებით იჭერენ 1,1-

დიფენილ-2-პიკრილჰიდრაზილის და ABTS-ს სტაბილურ რადიკალებს, ინგიბირებენ ლიპოპეროქსიდაციასა და ლაქტატდეჰიდროგენაზის აქტიურობას [97, 98].

მწვანე ჩაის სისტემატური მოხმარებისას in vivo პირობებში EGCG ადამიანის სისხლის პლაზმაში ეფექტურად აქრობს წყლის რადიკალებს და ამით აფერხებს მათ გადასვლას ლიპიდურ კომპარტმენტში. EGCG წყალ-ლიპიდურ ზედაპირზე ახდენს დაჟანგული E ვიტამინის აღდგენა-რეციკლიზაციას, რაც დადასტურებულია ელექტრონული პარამაგნიტური რეზონანსით [100]. ამავე მეთოდით ასევე ნაჩვენებია, რომ EGCG და EGC სპონტანურად ქმნიან მაქსიმალურად აქტიურ ფორმებს (გალილ-რადიკალი და ანიონ-რადიკალი) დაბალი pH-ის წყალხსნარებში გარე ჟანგვის გარეშე (ცინკის იონები ამ დროს სტაბილიზატორის როლში არიან) ყველაზე აგრესიული რადიკალი OH′ ამ დროს არ წარმოიქმნება მეტალების თავისუფალი იონების არარსებობის გამო [101]. კატექინების ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ერთ-ერთი გამოვლინებაა დაბალი სიმკვრივის ლიპოპროტეინების დაცვა დაჟანგვისაგან [102, 103]. აღნიშნულ დამცველ მოქმედებას კატექინები ახდენენ შედარებით დაბალი დოზებითა და კონცენტრაციებით (0,1-3 მკმ 50%-ით ამცირებს დაჟანგული ლიპოპროტეიდის ტოქსიკურობას). ეფექტი მიიღწევა შემდეგი მექანიზმებით: E ვიტამინის (α-ტოკოფეროლის) ეკონომიით მემბრანების ლიპიდებზე მჟანგავი მოქმედების აცილება; ლიპოქსიგენაზის ინგიბირება; სასიგნალო ტრანსდუქციაში მონაწილე უჯრედული ფერმენტების ინგიბირება [104]. კატექინება ინგიბირებენ ასევე პერიფერიული სისხლის მონოციტებით დაჟანგული რადიკალების პროდუქციას [105]. კატექინები და მათი დიმერები ინგიბირებენ NF-KB ტრანსკრიპციის ფაქტორის აქტივაციას [106], რომელიც მონაწილეობს ათეროსკლეროზისა და პროლიფერაციის მექანიზმებში.

კატექინების, ისევე როგორც სხვა ფენოლური ნაერთების, სტაბილურობა, და შესაბამისად, ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ძალა და ხანგრძლივობა, მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული გარემოზე. მჟავე არეში (pH<4) ჩაის ყველა კატექინი მაღალსტაბილურია. pH 4-7 ფარგლებში მათი სტაბილურობა pH-ის უკუპროპორციულია. ასკორბინის მჟავასთან კატექინების სტაბილურობა

მნიშვნელოვნად იზრდება. ტუტე გარემოში გალოკატექინები არასტაბილურნი არიან და რამდენიმე წუთის განმავლობაში თითქმის მთლიანად დეგრადირდებიან [120]. ამიტომაც, საჭმლის გადასვლისას კუჭის მჟავე არედან ნაწლავების ტუტე არეში (pH>8) კატექინები ხდებიან არასტაბილური და ადვილად დეგრადირდებიან. EC და ECG ამ პირობებში უფრო სტაბილურნი არიან, ვიდრე EGC და EGCG [121].

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსი მათი მაღალი ანტიოქსიდანტური აქტიურობის, ორგანიზმის სითხეებში კარგი ხსნადობის გამო ფლობს გამოხატულ სხივსაწინააღმდეგო აქტიურობას ექსპერიმენტში ლაბორატორიულ თაგვებზე და ვირთხებზე კატექინების კომპლექსის მუცლის აპსკშიგა შეყვანისას რენტგენით დასხივებამდე და დასხივების შემდეგ დოზით LD 95-99 [79].

თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ ყოველდღიურად მსოფლიოში ჩაის მოიხმარს მილიონი ადამიანი, **ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა წარმოადგენს ორგანიზმში თავისუფალი რადიკალური ჟანგვისა და ლიპიდური პეროქსიდაციის შეზღუდვის,** სისხლძარღვთა ათეროსკლეროზის და გულის იშემური დაავადებების შენელების, ჰიპერტონული დაავადებებისა და მათი შედეგების, ასევე თავისუფალრადიკალური პათოლოგიის სხვა ფორმების გაფრთხილებისა და შეჩერების უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს. EGCG ეფექტურად ამცირებს **პლაზმაში ქოლესტერინისა და ტრიგლიცერიდების დონეს** [122], იცავს კარდიომიოციტებს იშემური დაზიანებისაგან [123], ამცირებს ტრომბოციტების არგეგაციას და არტერიულ წნევას, ქოლესტერინის შეწოვას ნაწლავებში [124]. სხვა მონაცემებით, ჩაის კატექინების მოხმარება არ ცვლის ქოლესტერინისა და ტრიგლიცერიდების დონეს თაგვების სისხლის პლაზმაში. მაგრამ, ლიპიდური პეროქსიდების დონე, აორტაში არომატული ველის ფართი, აორტის მასა, ქოლესტერინისა და ტრიგლიცერიდების შემცველობა მის კედლებში მნიშვნელოვნად მცირდება (27 და 50% შესაბამისად) [125].

ზოგიერთი ავტორი (მათი რაოდენობა მცირეა) საერთოდ გამორიცხავს in vivo ლიპიდური პეროქსიდაციის ინგიბირებას ჩაის რეგულარულად მიღებისას [126]. ზოგი მონაცემებით [127], ჩაის დღიური მოხმარება უკუპროპორციულია ჰომოცისტეინის - გულსისხლძარღვთა პათოლოგიის მნიშვნელოვანი ფაქტორის -

შემცირების.

მწვანე ჩაის კონცენტრატი ფლობს ანთებსაწინააღმდეგო მოქმედებას, კერძოდ ამსუბუქებს კოლიტის მიმდინარეობის სიმძიმეს 52, ხელს უწყობს ართრიტის მკურნალობას [129]. ჩაის ხანგრძლივი მოხმარება, განსაკუთრებით მწვანე ჩაის, ხელს უწყობს სხეულის მასის შემცირებას (ნახშირწყლებისა და ცილების შემცირებული ათვისების გამო). ანტიოტსიდანტური ფერმენტების აქტიურობა ორგანიზმში და აღდგენილი გლუტანიონის შემცველობა ღვიძლში იზრდება [130]. მწვანე ჩაის ექსტრაქტები ინგიბირებენ ლინოლის მჟავას ჟანგვას 73,6%-ით, ხოლო 65-75%-ით - სუპეროქსიდური რადიკალების კონცენტრაციას [131,132].

მწვანე ჩაის ექსტრაქტები ინგიბირებენ ნატრიუმის იონებისა და გლუკოზის ნაწლავურ შეწოვას [133], იცავენ ტიროზინს ნიტრიტებისაგან [134]. ვირთხებზე Spraque-Dawley მიღებულია დიაბეტის ეფექტური მოდელი: ფრუქტოზით მდიდარ დიეტაზე 12 კვირის განმავლობაში მყოფ ვირთხებში, კონტროლისაგან განსხვავებით, განვითარდა ჰიპერტენზია, ჰიპერგლიკემია და ჰიპერინსულინემია. გლუკოზის ინსულინმასტიმულირებელი მოხმარება და ინსულინის დაკავშირება ადიოპოციტებთან მნიშვნელოვნად შემცირდა. გლუკოზის ტრანსპორტიადიპოციტებში ასევე შემცირდა. მწვანე ჩაის მოხმარებამ (5 გ ლიოფელიზირებული ჩაი, გახსნილი 100 მლ დეიონიზირებულ დისტილირებულ წყალში) წყლის ნაცვლად სრულიად აღმოფხვა მეტაბოლური დეფექტები და ჰიპერტენზია [135]. PC12 უჯრედის კულტურაში ჰიდროქსილდოპამინის შეყვანა ინდუცირებს უჯრედების აპოპტოზს (in vivo მოდელი ნეიროდეგენერაციის - პარკინსონიზმის). ამ პირობებში ECG და ECGC ეფექტურად ინგიბირებენ აპოპტოზს [134].

ჩაის ფოთლის კატექინებს წარმატებით იყენებენ სწრაფადფუჭებადი კვების პროდუქტების დასაცავად თვითჟანგვისა და გაფუჭებისაგან [61].

ვირთხებში (+) - კატექინის per os შეყვანით 2-3 კვირის განმავლობაში მოგვცა ღვიძლის გაცხიმოვნების მკვეთრი შემცირება (ეს უკანასკნელი გამოწვეული იყო წინასწარ, ალკოჰოლით, ცხიმიანი საკვებით) [138]. მწვანე ჩაის ექსტრაქტი იცავს ღვიძლს, ასევე, ლიპოპოლისაქარიდებისა D - გალაქტოზამინის ტოქსიკური

მოქმედებისაგან, ჰეპატოციტების TNF α - ინდუცირებული აპოპტოზის ინგიბირებით [139].

ამრიგად, ჩაის ბიოლოგიური აქტიურობა და კვებითი ღირებულება განპირობებულია, უპირველეს ყოვლისა, ანტიოქსიდანტური აქტიურობით, ძირითადად, ჩაის კატექინების გავლენით.

ინგიბიტორული აქტიურობა. მეტაბოლიზმი და მოქმედება ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმზე

ჩაის პოლიფენოლები ადვილად უკავშირდებიან ორგანიზმში ცილებს. კატექინების დაკავშირება მემბრანულ ცილებთან, რეცეპტორებთან, ფერმენტებთან იწვევს, ხშირ შემთხვევაში, სხვადასხვა ბიოლოგიურ შედეგს. EGCG და სხვა კატექინები ინგიბირებენ უჯრედის მატრიკსის მეტალოპროტეინაზას, ზრდის ანტიოგენურ ფაქტორებს და მათ რეცეპტორებს, ეწინააღმდეგებიან სიხლძარღვთა ახალ წარმონაქმნებს [150]. ECGC და EGC დროსა და დოზებზე დამოკიდებულებით ინგიბირებენ დეკარბოქსილაზას [151] და სხვა მრავალ ფერმენტს მეორეს მხრივ, ჩაის კატექინები სტიმულირებენ UDP - გლუკურონოზილტრანსფერაზას [155], რომელიც მონაწილეობს კატექინების გლუკურონიზაციაში. ჩაიზე მოდის 60%-ზე მეტი საკვებთან ერთად მისაღები ფლავონოიდების დღიური ნორმა.

საკვებისა და ორგანიზმის სითხეებში არსებულ ცილებთან დაკავშირება ნაწილობრივ იცავს ჩაის კატექინებს ნაწლავების ტუტე დესტრუქციისაგან და ხელს უწყობს მათ შეწოვას სისხლის პლაზმაში. როცა კუჭშიგნით ვირთხებს შეუყვანეს კოფეინგამოცლილი მწვანე ჩაის ექსტრაქტი, მათ პლაზმაში აღმოჩნდა საშუალოდ 14% EGC და 31% EC, მაშინ როცა EGCG აღმოჩნდა 1%-ზე ნაკლები [110]. ამ კატექინის ძირითადი მასა გამოიყოფა ფეკალიებთან ერთად, აუთვისებლად. მოხალისეებს, რომლებიც დღეში 500 მლ წყალთან ერთად ღებულობდნენ მწვანე ჩაის 1,5-3,5 გ მშრალ ექსტრაქტს, მიღებიდან 1,4-2,4 სთ შემდეგ სისხლის პლაზმაში აღენიშნებოდათ 326 მკგ/ლ EGCG, 550 მკგ/ლ EGC და 190 მკგ/ლ EC. ნახევრადგამოყოფის პერიოდი შეადგენდა T ½=5,0–5,5 სთ EGCG-სათვის და 2,2-3,4 სთ EGC და EC-სათვის. კატექინების 90% გამოიყოფა შარდთან ერთად პირველი 8 საათის განმავლობაში (EGC და EC) 5 ფინჯანი ჩაის მოხმარებისას დღეში. ფეკალიებში კატექინების ნაწილი

იშლება ნაწლავთა მიკროფლორით. ვინაიდან ადამიანის ნერწყვი შეიცავს კატექოლესტერაზას, EGCG უკვე პირის ღრუში ნაწილობრივ გარდაიქმნება EGC-ად და იწყებს შეწოვას. ჩაის მცირე დოზებით მიღება უფრო ეფექტურია, ვიდრე დიდი დოზებით [156].

უკანასკნელ 15-20 წელში შესრულებულია მრავალრიცხოვანი ეპიდემოლოგიური გამოკვლევა, მათ შორის სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებით („შემთხვევა-კონტროლი“, რანდომიზირებული, პროსპექტიული და სხვა), რათა დადგენილიყო კავშირი შავ და მწვანე ჩაის მოხმარებასა და სისხლძარღვთა და ონკოლოგიურ დაავადებებს (სიკვდილიანობებს) შორის. მიღებული მონაცემები ურთიერთსაწინააღმდეგოა. უმეტეს ნაშრომებში ნაჩვენებია, რომ მწვანე ჩაის სისტემატური (დღეში 5 ფინჯანი) მოხმარება, სხვა ფლავონოიდების მოხმარების ანალოგიურად, ამცირებს გულის იშემიური დაავადებების სიხშირეს, ასევე ჰიპერტონული დაავადებების, ინფაქტების და ინსულტების რიცხვს დაბალი სიმკვრივის ლიპიდების დაჟანგვის პროცესის დათგუნვის ხარჯზე. ამ დროს ხდება პლაზმაში ქოლესტერინის კონცენტრაციის, არტერიული წნევის და ტრომბოციტების აგრეგაციის შემცირება. მაგრამ, რამდენიმე საფუძვლიანად შესრულებულ გამოკვლევებში ასეთი ეფექტი ან არ არსებობდა, ან იყო სანდობიანობის ზღვართან [81, 161].

მეცნიერთა განსაკუთრებული ყურადღება მიპყრობილია ჩაის კატექინების ანტიმუტაგენური და სიმსივნესაწინააღმდეგო მოქმედების შესწავლისადმი და , განსაკუთრებით მათგან ყველაზე ძლიერის, EGCG-ის მიმართ. უჯრედოვან კულტურებში კატექინების ანტიკანცეროგენული ეფექტი 100%-მდე აღწევს, ისევე როგორც ეიმსის ანტიმუტაგენეზის ტესტი. კატექინები ამცირებენ 3T3 უჯრედების ტრანსფორმაციას, ამუხრუჭებენ თითოეულ კანცეროგენეზს ქიმიური კანცეროგენების ადგილობრივი გამოყენებისას და ამუხრუჭებენ ასევე ულტრაიისფერ რადიაციას. განსაკუთრებით აქტიურია ასეთ ექსპერიმენტებში ტანინის მჟავა. ჩაის კატექინები და განსაკუთრებით EGCG ანელებენ ვირთხებში ტრანსპლანტირებული სიმსივნეების ზრდას, კეთილთვისებიანი პოპილომით ბრტყელუჯრედოვან კანის კიბოში. კატექინები თრგუნავენ თაგვების საყლაპავის,

ფილტვებისა და კუჭის ნიტროზამინურ კანცეროგენებს [162]. EGCG-ის ანტიკანცეროგენეზის ძირითადი მექანიზმია პოლიციკლური ნახშირწყალბადების, 3,4-ბენზპირენის, ნიტროზამინების მეტაბოლიტური აქტივაციის შემცირება ანტიოქიდანტური ეფექტის ხარჯე (კანცეროგენების დეტოქსიკაციის გაძლიერება). ის 100 მკმ/ლ კონცენტრაციით დოზაზე დამოკიდებულებით აღმოფხვრის ჟანგბადის ყველა აქტიური ფორმით გამოწვეულ ქრომოსომურ დაზიანებებს [96]. EGCG ინგიბირებს სიმსივნური უჯრედების ადგეზიას (თაგვების ფილტვების კიბოს 3LD ხაზზე) ხარის ფილტვების ენდოტელიის უჯრედების მონოფენაში [163]. დაბოლოს, კატექინები და უპირველესად EGCG ინგიბირებენ ენდოთელიის უჯრედების ანგიოგენეზსა და პროლიფერიზაციას - კიბოს სიმსივნეების მეტასტაზირებისა და ზრდის საკვანძო სტადიას [165, 166]. ასევე ზრდის სისხლძარღვოვანი ფაქტორის აქტიურობას [87].

გაფართოებულმა ეპიდემიოლოგიურმა გამოკვლევებმა იაპონიაში, აშშ-ში, ჩინეთში, ფინეთში, კანადასა და სხვა ქვეყნებში გამოავლინეს, უმეტესწილად უკუკორელაციური დამოკიდებულება ყოველდღიურად მოხმარებულ ჩაის რაოდენობასა და კუჭის, კუჭქვეშა ჯირყვლის, შარმდენი ტრაქტის, ქალის სასქესო ორგანოების, კიბოთი დაავადების რიცხვს შორის. ყოველდღიურად ორი ფინჯანი ჩაის (მწვანე ჩაი) მიღება ამცირებს ლეიკემიით დაავადების სიხშირეს 50%-ით, საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის კიბოს 60%-ით, უროგენიტალური ტრაქტის კიბოთი დაავადების სიხშირეს 32%-ით [173]. გამოკვლევებით [174] ნაჩვენებია, რომ მწვანე ჩაის მოხმარება ამცირებს ატროფული გასტრიტების, კუჭის კიბოს, კანის კიბოს მრავალი მიკრობული ინფექციისა და გულის იშემური დაავადებების რისკს. ამასთან, აღსანიშნავია ისიც, რომ რვაწლიანმა გამოკვლევებმა იაპონიაში 25000 ადამიანზე ვერ დაადგინა რაიმე კავშირი მწვანე ჩაის მოხმარებასა და კუჭის კიბოთი დაავადებას შორის [176]. ნაშრომების [177, 178] ავტორები აღნიშნავენ, რომ ცხელი ჩაის მიღება (60°C-ზე მეტი ტემპერატურის) ზრდის საყლაპავი მილის კიბოთი დაავადების სიხშირეს.

მიუხედავად აღნიშნულისა, სპეციალისტთა აზრი ერთგვაროვანია: ჩაის კატექინები და , უპირატესად EGCG, წარმოადგენენ ბუნებრივი წარმოშობის მძლავრ

კიბოსაწინააღმდეგო საშუალებას, მეტად ეფექტურ ქიმიურთერაპევტულ პრეპარატს. ამ დასკვნის სასარგებლოდ მეტყველებს ჩაის კატექინების მოქმედების მრავალრიცხოვანი გამოვლენილი მექანიზმები: ჟანგბადის აქტიური ფორმების ნეიტრალიზაცია, მათ შორის პეროქსილური ROO′ რადიკალების [130]; რკინის ინგიბირება - მეტალოპროტეინაზი; კიბოს ურეოკინაზისა და სხვა ბიოქიმიური ინიციაციისა და პრომოციის მარკერების [87, 168]; ციტოქრომები 450-ის და სხვა მეტაბოლიზური აქტივაციის კანცეროგენული ფერმენტების [168]; სიმსივნური უჯრედების უჯრედული ციკლისა და აპოპტაზის ინდუქციის [87, 168]; სიმსივნურ უჯრედებში დნკ-ს სინთეზი და პეროქსილური რადიკალების წარმოქმნის [142]; ზრდის სისხლძარღვოვანი ფაქტორის ანგიოგენეზისა და და ზრდის [87]; სიმსივნური უჯრედების პროლიფერაცია სიმსივნის პროგრესიის (EGCG დაკავშირების გზით ტიროზინკინაზასთან - ზრდის ეპიდერმალური ფაქტორის რეცეპტორთან); NO - სინტაზის აქტიურობისა და NF-KB ტრანსკრიპციონული ფაქტორის აქტივაციის დათგუნვის [96, 168]; AP-1 ტუმორ-პრომოციის ეფექტზე პასუხისმგებელი ტრანსკრიპციის ფაქტორის [168, 176]; ტრომბოციტების აგრეგაციისა და ტრომბოქსანების სინთეზის (ენდოტელიის უჯრედების დაზიანებებისაგან დაცვით) ინგიბირება.

მიუხედავად აღნიშნულისა, ადამიანებში EGCG-ის ანტისიმსივნური ეფექტი მნიშვნელოვნად ნაკლებია მოსალოდნელზე პერორალური გზით ჩაის მიღების შემდეგ სისხლსა და პლაზმაში მისი (EGCG-ის) არასაკმარისი კონცენტრაციის გამო. ამ კატექინის ეფექტურობას აფერხებს დაბალი შეწოვის უნარი, ინტენსიური მეტაბოლიზმი (ბიოტრანსფორმაცია, კონიუგაცია) აქტიურობის კლებით. ჯამურად ადამიანი ითვისებს EGCG-ის მიღებული დოზის 3,5%-ზე ნაკლებს. თუ ორიენტაციას გავაკეთებთ ადამიანის კიბოს უჯრედული ხაზის ეფექტურობაზე [179], მაშინ ამ კატექინის დაბალი ათვისების უნარის გამო საჭირო ხდება ყოველდღიურად 1,5 ლ მწვანე ჩაის მიღება. მაგრამ ამ დროს თავს იჩენს კოფეინით (ძირითადად) გამოწვეული გვერდითი მოვლენები, რომელიც მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა ჩაიში: ერთი ფინჯანი შეიცავს დაახლოებით 70 მგ კოფეინს [180]. თავად ჩაის კატექინების ტოქსიკურობა მინიმალურია და გვერდითი მოვლენები პრაქტიკულად

არ ახლავს. ვინაიდან EGCG-ის სინთეზი ჯერ-ჯერობით ვერ ხორციელდება [87], მიმდინარეობს ძიება მისი ანალოგების სინთეზირებისათვის [181].

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის და, უპირველეს ყოვლისა EGCG-ის ზემოთჩამოთვლილი მოქმედების მექანიზმები მეტ-ნაკლებად განპირობებულია მათი ანტიოქსიდანტური ეფექტით. მაგრამ უკანასკნელ წლებში გამოჩნდა შედარებით სხვა ხასიათის მონაცემები. რომლებიც შესაძლებელია, სტიმულს მისცემენ ამ მეტად მნიშვნელოვანი მიმართულების პროგრესს.

როგორც უკვე აღინიშნა, EGCG ორგანიზმში წარმოქმნის **კონიუგატებს - გლუკურონიდებს, სულფატებსა და მეთილატებს.** ამასთან გლუკურონიდები მოკლებულნი არიან ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას მაშინ, როცა სულფატები და მეთილატები ამ აქტიურობას ნაწილობრივ ინარჩუნებენ. შესაძლებელია მეთილირება უნდა განიხილებოდეს როგორც EGCG-ის მოქმედების მექანიზმის კვანძი და არა როგორც ინაქტივაციის ფაქტი [182]. ჩაის კატექინები - S-ადენოზილ-L-მეთიონინის მეთილური ჯგუფის აქცეპტორები, ინგიბირებენ მეთიონინისა და ჰომოცისტეინის მეტაბოლიზმს. კატალიზირებული კატექოლ-O-მეთილტრანსფერაზით ჩაის კატექინების O-მეთილირება ინგიბირდება S-ადენოზილ-L-ჰომოცისტეინით. მწვანე ჩაის სიმსივნისსაწინააღმდეგო მოქმედება გამოვლინდება მხოლოდ კატექოლ-O-მეთილტრანსფერაზას თუნდაც სუსტი აქტიურობის პირობებში [183]. ამ საკითხებში სრული სიცხადე, ალბათ, მომავალი გამოკვლევების პრეროგატივაა.

ამრიგად აღსანიშნავია, რომ ფენოლური ნაერთების (კატექინების) უნიკალურად მაღალი კონცენტრაცია და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა ჩაის ფოთოლს ხდის არა მარტო მაღალი პროფილაქტიკური მნიშვნელობის ძვირფას კვების პროდუქტებად, არამედ ადამიანის ყველაზე უფრო გავრცელებული დაავადებების სამკურნალო-პროფილპქტიკურ საშუალებად. იმ დაავადებებისა, რომელთა პათოგენეზშიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს თავისუფალრადიკალური ჟანგვის, კერძოდ, ლიპიდური პეროქსიდაციის აქტივაცია. კატექინების კომპლექსის ფუძეზე ეფექტური სამკურნალო საშუალებების შექმნის შესაძლებლობას აფერხებს მისი დაბალი ხსნადობა და ორგანიზმში ცხოვრების ნახევარპერიოდის მცირე ხანგრძლივობა. შესაბამისად, ჩაის კატექინების უფრო ხსნადი და ხანგრძლივად

მოქმედი პრეპარატების მიღება და წარმოების საფუძვლების შექმნა მეტად პერსპექტიული და აქტუალური საკითხია.

1.3. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის კლინიკური გამოცდების ზოგიერთი შედეგები

1.3.1. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გავლენა კანის ზოგიერთ დაავადებებზე

ლიტერატურული მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ კატექინების კომპლექსის მოქმედებით ეგზემებისა და დერმატიტების მწვავე შემთხვევებში ადგილი აქვს ლორწოვანი სისველის შეწყვეტას, იზრდება კაპილარების რეზისტენტობა, მკვრივდება სისხლძარღვთა კედლები, მცირდება სისხლის პლაზმის დანაკარგები, ჰკმორაგიის დროს აჩერებენ სისხლდენას [184].

კლინიკურ გამოცდებს დაექვემდებარა 44 ავადმყოფი, რომლებიც სხვადასხვა კანის დაავადებებით იყვნენ დაავადებული. მათ შორის იყო 4 მოზრდილი,, ხოლო 40 ბავშვი ერთიდან 14 წლამდე.

დაავადების ფორმის მიხედვით ავადმყოფები დაყოფილი იყვნენ ოთხ ჯგუფად: პირველ ჯგუფში შედიოდა 19 ავადმყოფი ქრონიკული, ხშირად გამწვავებადი ეგზემებით; მეორე ჯგუფი შეადგინა თორმეტმა ავადმყოფმა, რომლებსაც აწუხებდათ თანდაყოლილი ეპიდერმოლიზმი ჰერპეტიფორმული (დიურინგის) დერმატიტით; მესამე ჯგუფს აერთიანებდა რვა ავადმყოფი, რომლებსაც აწუხებდათ სისხლჩაქცევები თვალის ბადურაში თრომბოპენიური პურპურით; მეოთხე ჯგუფს შეადგენდა ერთი წლის ასაკის ხუთი ბავშვი, დაბადებიდან დესკვამატიური ლაინერის ერითროდერმიით.

ბავშვებს 3-დან 8 წლამდე პრეპარატი ეძლეოდათ 0,03-დან 0,1 გრამამდე დოზით 0,15 გ ასკორბინის მჟავასთან ერთად ორ-სამჯერ დღეში, ხოლო ბავშვებს 8

წლის ზემოთ ეძლეოდათ ორივე პრეპარატი 0,1 გ დოზით სამჯერ დღეში. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატი არატოქსიკურია და ბავშვებში არ იწვევდა რაიმე გვერდით მოვლენას.

ქვემოთ მოგვყავს პრეპარატით მკურნალობის შედეგები ავადმყოფთა ჯგუფების მიხედვით. კლინიკური გამოცდები ჩვენს მიერ წარდგენილი პრეპარატით ჩატარდა 2004 წელს რუსეთის ფედერაციის ჯანდაცვის სამინისტროს კან-ფენეროლოგიის ცენტრალურ სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში (მოსკოვი).

• ქრონიკული ეგზემით ავადმყოფების მკურნალობის შედეგები (1 ჯგუფი):

ამ ჯგუფის ავადმყოფებს ეძლეოდათ პრეპარატი ყოველთვის ასკორბინის მჟავასთან ერთად. ჯგუფი შედგებოდა: 1-3 წელი - 12 ავადმყოფი, 3-8 წელი - 4, 9 წელზე უფროსი - 3 ავადმყოფი. ავადმყოფობის ხანდაზმულობა შეადგენდა 6 თვიდან 2 წლამდე.

ავადმყოფთა უმრავლესობას წინასწარ, ნესტეროვის სინჯის საშუალებით და ფლუორესცეინური მეთოდით უტარდებოდათ კაპილარების რეზისტენტობაზე გამოკვლევა და ესაზღვრებოდათ სისხლძარღვების სიცარიელის ხარისხი.

პრეპარატით მკურნალობის ეფექტურობა სხვადასხვა ავადმყოფისათვის სხვადასხვა დროს მიიღწეოდა, მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება შეინიშნებოდა მკურნალობის დაწყებიდან ორი-ოთხი კვირის შემდეგ. თუმცა ზოგ შემთხვევაში საჭირო გახდა უფრო ხანგრძლივი მკურნალობა.

მკურნალობის პროცესში უმეტესწილად ჯერ მცირდებოდა ანთებითი მდგომარეობა, ჰიპერემენია, სისველე, ხოლო შემდეგ ხდებოდა აუტანელი ქავილის შემცირება, ბოლოს კი ადგილი ჰქონდა ისეთი გამონაყარი ელემენტების წარმოშობის სრულ შეწყვეტას, როგორებიცაა ბუშტები, ბუშტულაკები, კვანძები.

კანის დაავადებების მკურნალობა მიმდინარეობდა იმავდროულად ინდიფერენტული გარე საშუალებების გამოყენებით.

ავადმყოფების სტაციონარიდან გამოწერის შემდეგ გარკვეული პერიოდი ისინი აგრძელებდნენ ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის მიღებას ასკორბინის მჟავასთან ერთად პროფილაქტიკური დოზებით, ერთხელ დღეში, რითაც მკურნალობის ეფექტი მყარდებოდა.

კანის დაავადებებით დაავადებული ზოგიერთი აავადმყოფი, რომელთა ავადმყოფობასაც საფუძვლად ედო ალერგიული ფაქტორები, კატექინების კომპლექსის პრეპარატისა და ასკორბინის მჟავას მიღების წყალობით განთავისუფლდნენ ალერგიული მდგომარეობიდან, რამაც საბოლოოდ მთლიანად განკურნა ისინი კანის დაავადებებისაგან. ასე მაგალითად, ბიჭი 5 წლის, მძიმე ეგზემატიზირებული ნეიროდერმიტის გარდა, იტანჯებოდა მკვეთრად გამოხატული ასთმური შეტევებით. კატექინების პრეპარატითა და ასკორბინის მჟავათი მკურნალობის შედეგად ის განთავისუფლდა ასთმისაგან, რამაც შეამსუბუქა მისი კანის დაავადებაც.

- თანდაყოლილი ეპიდერმოლიზით ჰერრპეტიფორმული (დიურინგის) დერმატიტით ავადმყოფების მკურნალობის შედეგები (II ჯგუფი):

ამ ჯგუფში შედიოდა 12 ავადმყოფი 4-დან 10 წლამდე ასაკის. კატექინების პრეპარატისა და ასკორბინის მჟავას დოზირება იყო 0,1 გ თითოეული სამჯერ დღეში 20-30 დღის განმავლობაში.

ამ ჯგუფის ყველა ავადმყოფს ნესტეროვის სინჯზე წინასწარი გამოკვლევებით დაუდგინდათ სისხლძარღვთა სიცარიელის მნიშვნელოვანი ზრდა, რომელიც მალე მკურნალობის დაწყებიდან დაექვემდებარა თანდათანობით შემცირებას. დაკლება დაიწყო ასევე კანის დისტროფიულმა ცვლილებებმაც. ასე, მაგალითად, ნიკოლსკის სიმპტომი მრავალი მათგანისათვის გაქრა მაშინ, როცა მკურნალობის დასაწყისში ის იყო მკვეთრად გამოხატული. შეწყდა ბუშტულების ახალი გამონაყარი. ზოგიერთი ავადმყოფი მკურნალობის შემდეგ იმყოფებოდა მეთვალყურეობის ქვეშ 6 თვის განმავლობაში და ახალი გამონაყარები არ შემჩნეულა.

ერთ-ერთ ავადმყოფს კატექინების პრეპარატის ნაცვლად მიეწოდა P ვიტამინის სხვა პრეპარატი – P-ციტრინი. ბუშტების გაქრობის, სისველის შემცირების ნიშნები არ შეიმჩნეოდა. მკურნალობაში ეფექტი დადგა ავადმყოფის კატექინების კომპლექსის პრეპარატზე გადაყვანის შემდეგ (ასკორბინის მჟავასთან ერთად). ამავდროულად გაქრა ნიკოლსკის სიმპტომიც.

- სისხლჩაქცევებით თვალის ბადურაში თრომბოპენიური პურპურით ავადმყოფების მკურნალობის შედეგები (III ჯგუფი);

ამ ჯგუფში, როგორც აღვნიშნეთ, მკურნალობდა სულ 8 ავადმყოფი:

ავადმყოფი გოგონა 12 წლის. დიაგნოზი - ტრომბოპენური პურპურა. მკურნალობდა კატექინების კომპლექსის პრეპარატით 14 დღე. გაეწერა ჯანმრთელი.

ავადმყოფი ბიჭი 10 წლის. დიაგნოზი ჰემორაგიული პურპურა. მკურნალობდა პრეპარატით 20 დღე (7 დღე სტაციონარში). გამონაყარი გაქრა. ხანგრძლივი დაკვირვებით არ განმეორებულა.

ავადმყოფი ბიჭი 10 წლის. დიაგნოზი იგივე. მკურნალობდა პრეპარატით 14 დღე (4 დღე სტაციონარში). ყველა მოვლენა გაქრა.

ავადმყოფი მამაკაცი 61 წლის. დიაგნოზი იგივე. მკურნალობდა 30 დღე (6 დღე სტაციონარში). გამონაყარი გაქრა და ხანგრძლივი დაკვირვებით არ განმეორებულა.

ავადმყოფი გოგონა 14 წლის. ავადმყოფობის ხანდაზმულობა 2 წელი. დიაგნოზი - ლორწოვანის რეციდივირებული ერითემა. მკურნალობდა პრეპარატითა და ასკორბინის მჟავათი 20 დღე (სტაციონარში 7 დღე). ყველა მოვლენა გაქრა, მაგრამ მკურნალობიდან 7 თვის შემდეგ მოხდა რეციდივი. გამოიყენებოდა რუთინი არარეგულარულად. კატექინების კომპლექსის პრეპარატზე გადაყვანამ მოგვცა მნიშვნელოვანი ეფექტი.

ავადმყოფი ქალი 46 წლის. დიაგნოზი - სისხლჩაქცევა თვალის ბადურაში (აწუხებს ჰიპერტონია, ძლიერი თავის ტკივილები, თავბრუხვევა). 15 დღის განმავლობაში სტაციონარში პრეპარატის მიღების შემდეგ სისხლჩაქცევები გაქრა, შემცირდა ჰიპერტონიის მოვლენა. ავადმყოფს 6 თვის განმავლობაში მეთვალყურეობით თვალის არეში სისხლჩაქცევის რეციდივი არ ჰქონია.

ავადმყოფი ბიჭი 4 წლის. აწუხებს პემოფილი

ავადმყოფი მამაკაცი 31 წლის. მკვეთრად გამოხატული ეპიდერმია (ტოქსიკოდერმია) პირამიდონის მცირე დოზებისაგან ბუშტულების გამონაყარით. 14 დღე (4 დღე სტაციონარში) მკურნალობდა კომპლექსურად კატექინების პრეპარატითა და ასკორბინის მჟავათი. მკურნალობამ მიიყვანა გამოჯანმრთელებამდე: გაქრა ერითროდერმია და ბუშტები, შეწყდა ქავილი. რეციდივი არ დამდგარა.

- დაბადებიდან დესკვამატიური ლაინერის ერითროდერმიით ავადმყოფების

მკურნალობის შედეგები (IV ჯგუფი):

ამ ჯგუფში შედიოდა ერთ წლამდე ასაკის ხუთი ბავშვი. ჯგუფი იყო მცირერიცხოვანი, მაგრამ შეიქმნა კეთილსასურველი შთაბეჭდილება კატექინების კომპლექსის პრეპარატის მკურნალობით მიღებული შედეგებით.

ანთებითი მოვლენები, მკვეთრი ჰიპერემია და ქავილი მნიშვნელოვნად შემცირდა, რამაც გამოიწვია ამ ბავშვების გამოჯანმრთელების დაჩქარება (ისინი მანამდე სტაციონარში ხანგრძლივად მკურნალობდნენ).

ამრიგად, ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გამოყენებამ ასკორბინის მჟავასთან კომპლექტში მთელი რიგი კანის დაავადებების მკურნალობისას მოგვცა გამოხატული ფარმაკოთერაპევტული ეფექტი.

1.3.2. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გავლენა სისხლის კაპილარების შეღწევადობაზე

არსებობს ექსპერიმენტული და კლინიკური დადასტურება იმისა, რომ ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსი კეთილსასურველად მოქმედებს სისხლძარღვთა კაპილარების შეღწევადობაზე. ა.ლ. კურსანოვის, ვ.ნ. ბუკინი კ.ლ. პოვოლოცკის და მ.ნ. ზაპრომეტოვის ნაშრომებში ჯერ კიდევ 50-60 წლის წინ იყო დამტკიცებული, რომ ჩაის ფოთლის კატექინები თავისი აგებულებით ახლოს დგანან ერიოდიქტიოლთან. ეს უკანასკნელი კი, როგორც ცნობილია, ფლობს უნარს გაამაგროს კაპილარების კედლები და არის ციტრინის შემადგენელი ნაწილი [184].

ვიხელმძღვანელეთ რა აღნიშნული მოსაზრებით და გავითვალისწინეთ რა მანამდე ჩატარებული მთელი რიგი კლინიკური და ექსპერმიენტული კვლევების შედეგები კატეხინების კომპლექსის თერაპევტული მოქმედების შესახებ, ჩვენ გამოვიყენეთ ჩაის ფოთლის კატეხინების კომპლექსის პრეპარატი ონკოლოგიური ავადმყოფების კაპილარების შეღწევადობის პროცესების ნორმალიზაციისათვის

(ავადმყოფები გადიოდნენ რენტგენოთერაპიას).

როგორც ცნობილია, კიბოთი დაავადებულებს აქვთ სისხლძარღვთა გაზრდილი შეღწევადობა. მაიონიზირებელი დასხივების შემდეგ ესმ შეღწევადობა კიდევ უფრო იზრდება. ექსპერიმენტალურად დადგენიილა, რომ საცდელ თაგვებში კაპილარების ნორმალური რეზისტენტობის პირველი ნიშნები გამომჟღავნდა უკვე პრეპარატის მიღებიდან სამი საათის შემდეგ. მაქისმალური ეფექტი მიღწეული იქნა 1მგ დოზით ერთჯერადი მიღებისას.

კლინიკური გამოკვლევები ჩატარდა რუსეთის ფედერაციის რენტგენოლოგიისა და რადიოლოგიის ცენტრალურ ინსტიტუტში (მოსკოვი) 1998 წელს. ავადმყოფებს ეძლეოდათ ერთჯერადად მისაღებად თერაპევტული დოზა 100 მგ დღეში. შეღწევადობის მდგომარეობის განსაზღვრა წარმოებდა ლენდისის სინჯის საშუალებით. სისხლძარღვთა კაპილარების კედლების რეზისტენტობას და ლიმფურსისხლმიმოქცევის მდგომარეობას აფასებდნენ ნესტეროვის სინჯით კანზე ლავაწქვეშა ადგილებზე.

სამკურნალოდ შეირჩნენ ავადმყოფები კაპილარების გაზრდილი შეღწევადობითა და ნესტეროვის სინჯის მეორე და მესამე ხარისხის პათოლოგიური მაჩვენებლებით რენტგენოლოგიისა და რადიოლოგიის ცენტრალური ინსტიტუტის იმ ავადმყოფებიდან, რომლებიც ექვემდებარებოდნენ რენტგენოთერაპიას და მკურნალობდნენ საყლაპავი მილის კიბოს.

ამავდროულად დაკვირვების ქვეშ იმყოფებოდნენ ის ავადმყოფები, რომლებიც მკურნალობდნენ საყლაპავი მილის კიბოს, გადიოდნენ რენტგენოთერაპიას, მაგრამ არ ღებულობდნენ ჩაის ფოთლის კატეხინების კომპლექსის პრეპარატს.

ჩვენ აქ არ დავაკონკრეტებთ დასხივების მეთოდიკასა და ტექნიკას (ის საერთოდ მიღებულია), მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ მკურნალობის კურსის განმავლობაში ავადმყოფები კანზე ჰაერში ღებულობდნენ დასხივების ექსპოზიციურ დოზას ჯამურად 4-დან 14-მდე კულონს კილოგრამზე (C/kg) კატეხინების პრეპარატის მიღების ყველა შემთხვევაში შესაძლებელი იყო მისი კეთისასურველი მოქმედების კონსტატირება. აღნიშნული ეფექტის სრულად ილუსტრირებისათვის მოვიყვანთ დაკვირვებების ზოგეირთ მონაცემებს.

ავადმყოფი მამაკაცი 60 წლის კლინიკური დიაგნოზი - საყლაპავი მილის კიბო. რენტგენოთერაპია 14.09.2003-დან 5.02.2004 წლამდე. ჯამური დოზა კანზე ჰაერში 52000 გრეი. მკურნალობის დაწყებამდე ნესტეროვის სინჯმა აჩვენა დიმფოსისხლმიმოქცევის პათოლოგიური მდგომარეობა (მესამე ხარისხი, გაწოვის ხანგრძლივობა 8 დღე). რენტგენოთერაპიის მთელი კურსის განმავლობაში ავადმყოფი ყოველდღიურად ღებულობდა 100 მგ კატეხინების პრეპარატს. სულ მკურნალობის კურსის განმავლობაში ავადმყოფმა მიიღო 6,3 გ პრეპარატი. პრეპარატის მიღებიდან 16 დღის შემდეგ აღინიშნა ლიმფოსისხლმიმოქცევის მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება (პირველი ხარისხი მარჯვნივ და 0,1 მარცხნივ, შეწოვის ხანგრძლივობა სამი დღე). შემდგომში რენტგენოთერაპიის კურსის დამთავრებამდე ნესტეროვის სინჯის მაჩვენებლები იყვნენ ნორმაში.

ავადმყოფი ქალი 49 წლის. კლინიკური დიაგნოზი - საყლაპავი მილის კიბო. რენტგენოთერაპია 14.02.2004-დან 12.05.2004 წლამდე. ჯამური დოზა კანზე ჰაერში 13,4(C/kg). მკურნალობამდე ლენდისის სინჯ.მა აჩვენა სისხლძარღვთა კედლების შეღწევადობის გაზრდა, 16,3% ცილა კაპილარულ ფილტრატში.

ნესტეროვის სინჯით დადგინდა შეღწევადობის მკვეთრი პათოლოგიური მდგომარეობა (მესამე ხარისხი მარჯვნივ და მარცხნივ, შეწოვის ხანგრძლივობა 8 დღე). საკონტროლო გამოკვლევებისას 20,02; 09,03; 19,03 და 12.04.2004 წელს სისხლძარღვთა კაპილარების პათოლოგიური მდგომარეობის ცვლილება არ აღნიშნულა. ლენიდსისის სინჯით კონსტატირებული იყო შეღწევადობის ზრდა, ცილის 8,8% კაპილარულ ფილტრატში, სისხლიდან ცილების გამოსავალი მოდუნებული ვენის ქსოვილში 1,59 გ 100 მლ სისხლში.

12.04.2004 წლიდან ავადმყოფმა დაიწყო ყოველდღიურად 100 მგ კატეხინების პრეპარატის მიღება. მკურნალობის კურსის განმავლობაში მან მიიღო 3გ პრეპარატი. შვიდი დღის შემდეგ ნესტეროვის სინჯის ადგილზე შეინიშნაჰემორაგიის შემცირება (მეორე-მესამე ხარისხი მარცხნივ, შეწოვა დაჩქარდა ხუთი დღე). 14 დღის შემდეგ პრეპარატის მიღების დაწყებიდან ნესტეროვის სინჯმა აჩვენა შეღწევადობის ნორმალიზება / მარცხნივ 0,1 მარჯვნივ დარჩა კაპილარების კედლების პათოლოგიური მდგომარეობა - მესამე ხარისხი). პრეპარატის მიღების დაწყებიდან

ერთი თვის შემდეგ ნესტეროვის სინჯმა ასევე აჩვენა კაპილარების კედლების ნომარლური მდგომარეობა - მესამე ხარისხი). პრეპარატის მიღების დაწყებიდან ერთი თვის შემდეგ ნესტეროვის სინჯმა ასევე აჩვენა კაპილარების კედლების ნომარულრი მდგომარეობა (0,1 ხარისხი მარცხნივ და მარჯვნივ, შეწოვის ხანგრძლივობა (3 დღე). ლენდისის სინჯმაც დაადასტურა სისხლძარღვთა კაპილარების ნომრალური შეღწევადობა.

ავადმყოფი მამაკაცი 51 წლის. კლინიკური დიაგნოზი - საყლაპავი მილის კიბო. რენტგენოთერაპია 18.11.2003-დან 18.02.2004-მდე. დასხივების ჯამურმა დოზამ შეადგინა კანზე ჰაერში 12,2(C/kg). ავადმყოფი პრეპარატს ღებულობდა მკურნალობის დაწყებიდან. იმის შემდეგ, რაც ნესტეროვის სინჯმა აჩვენა ნომარლური შეღწევადობისათვის აღდგენა პრეარატის მიღება შეწყდა. 18 დღის შემდეგ ნესტეროვის სინჯმა კვლავ აჩვენა მარცხნივ მესამე ხარისხი და შეწოვის ხანგრძლივობა 9 დღე. კატეხინების პრეპარატის მიღება აღვადგინეთ. ხელმეორედ მიღებიდან 20 დღის შემდეგ სისხლის მიმოქცევა ჩადგა ნორმაში. მკურნალობის ამ კურსში ავადმყოფმა მიიღო 7,2 გ პრეპარატი.

ამ შემთხვევაში ყურადღება უნდა მიექცეს იმ ფაქტს, რომ კატეხინების პრეპარატის მიღების შეწყვეტამ გამოიწვია კაპილარების კედლების შეღწევადობის დარღვევა, რომელიც კვლავ აღდგა პრეპარატის ხელმეორედ მიღების შემდეგ.

იმის გამო, რომ ყველა დანარჩენი დაკვირვება ავადმყოფებზე პრაქტიკულად იდენტურია, შემოვისაზღვრებით ზემომოყვანილი მაგალითებით.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, რომ ჯგუფის ავადმყოფების პარალელურად, რომლებიც რენტგენოთერაპიის დროს ღებულობდნენ კატეხინების პრეპარატს, დაკვირვება წარმოებდა იმ ჯგუფის ავადმყოფებზეც, რომლებიც რენტგენოთერაპიის დროს არ ღებულობდნენ კატეხინების პრეპარატს. ქვემოთ მოგვყავს ამ ავადმყოფების სისხლძარღვთა კაპილარების კედლების შეღწევადობის მდგომარეობის ზოგიერთი მონაცემები.

ავადმყოფი მამაკაცი 57 წლის. კლინიკური დიაგნოზი - საყლაპავი მილის კიბო. რენტგენოთერაპია 20.01.2004-დან 22.02.2004-მდე. მკურნალობის დაწყებამდე და შემდგომი 20 დღის განმავლობაში ლიმფოსისხლმიმოქცევა და კაპილარების

კედლები ნორმალურად ფუნქციონირებდა. შეწოვის ხანგრძლივობა შეადგენდა სამ-ოთხ დღეს. დასხივების დაწყებიდან 26 დღის შემდეგ (ჯამურმა დოზამ კანზე ჰაერში შედაგინა 3,1C/kg) ნესტეროვის სინჯმა აჩვენა შეღწევადობის მკვეთრი ცვლილება. 3,9 C/kg ჯამური დოზით დასხივების შედმეგ ავადმყოფის მდგომარეობა მკვეთრად გაუარესდა და რენტგენოთერაპია შეწყდა. ნესტეროვის სინჯმა აჩვენა ამ დროს ლიმფოსისხლმიმოქცევის მკვეთრი პათოლოგიური მდგომარეობა (მესამე ხარისხი, შეწოვის ხანგრძლივობა 5 დღე).

ავადმყოფი მამაკაცი 42 წლის. კლინიკური დიაგნოზი - საყლაპავი მილის კიბო. რენტგენოთერაპია 04.02.2004-დან 08.05.2004 წლამდე. ჯამურმა დასხივებამ კანზე ჰაერში შეადგინა 13,9 C/kg. მკურნალობის დაწყებამდე ავადმყოფს ლენდისისი სინჯით დაუდგინდა კაპილარების კედლების ნორმალური შეღწევადობა. 13,9 C/kg დოზით დასხივების შემდეგ გამოვლინდა კაპილარების შეღწევადობის გაზრდა. სისხლიდან ცილის გამოსავალმა 0,18 გ 100 მლ სისხლზე, რაც შეადგენს 6% ცილასკაპილარულ ფილტრატში.

ავადმყოფის სისხლის მიმოქცევა დარჩა იმავე მდგომარეობაში, როგორშიც იყო რენტგენოთერაპიის მთელი კურსის განმავლობაში - პათოლოგიურში (I–II ხარისხი მარჯვნივ, II ხარისხი მარცხნივ).

ავადმყოფი მამაკაცი 66 წლის. კლინიკური დიაგნოზი - საყლაპავი მილის კიბო. რენტგენოთერაპია 05.03.2004-დან 04.05.2004 წლამდე.

კანზე დასხივების ჯამურმა დოზამ ჰაერში შეადგინა 5,9 C/kg. ავადმყოფის მკურნალობამდე ჰქონდა ნორმალური შეღწევადობა. აღნიშნული ჯამური დოზით დასხივების შემდეგ ლენდისისი სინჯით დადგინდა სისხლძარღვთა კაპილარების შეღწევადობის გაზრდა. ცილის გამოსავალი ქსოვილში შეადგენდა 0,15 გ-ს 100 მლ სისხლზე, ანუ 1,7% ცილას კაპილარულ ფიტრატში.

თუ გავაანალიზებთ ჩატარებული დაკვირვებების შედეგებს, მივალთ დასკვნამდე, რომ კატეხინების პრეპარატის გამოყენებამ ყველა შემთხვევაში მოგვცა დადებითი ეფექტი. როგორც წესი, პრეპარატის მიღებიდან 14-30 დღის შემდეგ ავადმყოფებს მანამდე კაპილარების შეღწევადობის პათოლოგიური მდგომარეობით ნესტეროვის სინჯით აღენიშნათ კაპილარების ნორმალური შეღწევადობა.

პრეპარატის მიღების შეწყვეტის შემთხვევაში ხდებოდა მისი ნორმალიზება. ამავდროულად, ის ავადმყოფები, რომლებიც რენტგენოთერაპიის დროს არ ღებულობდნენ კატეხინების პრეპარატს, ან ინარჩუნებდნენ შეღწევადობის მანამდე არსებულ პათოლოგიურ მდგომარეობას ან შეღწევადობის ნორმალური მდგომარეობა გადადიოდა პათოლოგიურში.

ამრიგად, ჩაის ფოთლის კატეხინების კომპლექსის პრეპარატი წარმოჩინდა როგორც ეფექტური საშუალება, რომელსაც შესწევს სისხლძარღვთა კაპილარების შეღწევადობის ნორმალიზების უნარი სხივური ენერგიის ზემოქმედების პირობებში. ნორმალური შეღწევადობის აღდგენის ვადები და შედეგების მდგრადობა დამოკიდებლია, როგორც ჩანს, პრეპარატის მიღების ხანგრძლივობასა და რაოდენობაზე.

1.3.3. კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გამოყენების სხვა მაგალითები

როგორც აღვნიშნეთ, ჩაის მსოფლიოში გამოყენების მხრივ მეორე ადგილი უჭირავს სასმელი წყლის შემდეგ. ის არა მარტო სასმელი პროდუქტია, არამედ ორგანიზმზე კეთილსასურველად მოქმედ სამკურნალო საშუალებასაც წარმოადგენს. ჩაის თვლიდნენ მრავალი ავადმყოფობის სამკურნალო წამლად ჯერ კიდევ ჩვენ წელთაღრიცხვამდე 2000 წლის წინათ. ახლა, როცა ჩაი მრავალგზის ტესტირებულია, დაექვემდებარა მრავალრიცხოვან ლაბორატორიულ გამოკველებს, როცა ბევრმა მეცნიერმა დაადასტურა მისი ის სამკურნალო თვისებები, რომელთა შესახებაც ძველი ადამიანები მხოლოდ ვარაუდობდნენ, შეიძლება გაბედულად ითქვას, რომ ისეთი ბუნებრივი უნივერსალური მახასიათებლების მქონე პროდუქტი, როგორიც ჩაია, ბუნებაში უბრალოდ არ არსებობს.

ბიოფლავანოიდებისადმი ინტერესი საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა

აკადემიაში მეოცე საუკუნის 50-იანი წლებიდან გამოიჩინეს. განსაკუთრებული ყურადღება მიექცა P ვიტამინის აქტიურობის ბიოფლავონოიდებს. ქვემოთ მოგვყავს კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გამოყენების მაგალითები, რომლებიც გადმოცემულია ჯერ კიდევ 55 წლის წინათ ნაშრომში [184].

ნ. იარუსოვამ, ი. დერგაჩოვმა, ვ. სელივანოვამ და ს. ლაპინამ ვიტამინოლოგიის ინსტიტუტში შეისწავლეს P ვიტამინის აქტიურობის მქონე ნივთიერებების ფიზიოლოგიური მოქმედება და მივიდნენ დასკვნამდე, რომ ჩაის კატექინების პროეპარატები ავლენენ გამოხატულ კაპილარების გამაგრილებელ მოქმედებას.

ე. კრაიკომ მედიცინის მეცნიერებათა აკადემიის საკვების ინსტიტუტში შეისწავლა P ვიტამინის მნიშვნელობა ორგანიზმისათვის. დადგენილია, რომ P ვიტამინი კეთილსასურველად მოქმედებს საცდელი ცხოველების წონაში მატების სტიმულირებაზე და კაპილარების სიმტკიცის ზრდაზე.

გ. კოროზამ მედიცინის მეცნიერებათა აკადემიის ფარმაკოლოგიისა და ქიმიოთერაპიის ინსტიტუტში შეისწავლა ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ფარმკკოლოგიური თვისებები და დაადგინა, რომ ის ფლობს გიპოტენზურ თვისებას. გიპოტენზია ხორციელდება სრულად ვეგეტატური ნერვული სისტემის სიმპათიკური განყოფილების უცვლელი ტონუსისას [184].

ნ. არლაშენკომ შეისწავლა ჩაის ფოთლის კატექინების პრეპარატის გავლენა ბოცვრების კაპილარების შეღწევადობასა და სიმტკიცეზე რენტგენის საერთო დასხივების პირობებში. ნაჩვენებია, რომ კატექინების პრეპარატის კეთილსასურველი მოქმედება ვლინდება დასხივებული ცხოველების თხელი ნაწლავების კაპილარების შედარებით მაღალი სიმტკიცის შენარჩუნებაში.

ვ. სონდაკმა და ე. გრაჩევამ მეცნიერებათა აკადემიის ბიოფიზიკის ინსტიტუტში შეისწავლეს P ვიტამინისა და ვანილინის დამცველი მოქმედება სხივური ზემოქმედებისას. ნაჩვენებია, რომ ამ პრეპარატების კომბინირებული გამოყენებისას მაიონიზირებელი რადიაციის გავლენის ქვეშ მყოფ ცხოველებზე გამოვლინდა ეფექტური დამცველი მოქმედება, რაც გამოიხატა კონტროლთან შედარებით საცდელი ცხოველების სიკვდილიანობის მკვეთრი შემცირებით. აღინიშნა ასევე, რომ პრეპარატების გამოყენებისას ცხოველებმა უფრო ადვილად

გადაიტანეს სხივური დაავადება და გამოიჩინეს მდგრადობა ინფექციების მიმართ.

ვ. სმოლენსკიმ, ნ. ეროფეევამ და სხვებმა ბიოქიმიის ინსტიტუტსა და მოსკოვის 1 სამედიცინო ინსტიტუტის კლინიკაში შეისწავლეს P და C ვიტამინების გავლენა ექსპერიმენტული ათეროსკლეროზის განვითარებაზე. დადგენილია, რომ კატექინების კომპლექსის გამოყენება ექსპერიმენტში ალიმენტარული ჰიპერქოლესტერინემიან ბოცვრებზე ხასიათდება გამოხატული ანტიქოლესტერინემული მოქმედებით. პრეპარატის მიღებას მივყევართ ათეროსკლეროზის შესამჩნევად ნელი ტემპით განვითარებამდე კონტროლთან შედარებით. ამას გარდა იქმნება შთაბეჭდილება, რომ P და C ვიტამინების კომპლექსური გამოყენება უფრო ეფექტურია, ვიდრე ამ ვიტამინების ცალ-ცალკე მიღება [184].

ნ. პანკრატოვამ მოსკოვის 1 სამედიცინო ინსტიტუტის კლინიკაში შეისწავლა კატექინების კომპლექსის პრეპარატის თერაპევტული მოქმედება. დადგენილია პრეპარატის გამოხატული მოქმედება კაპილარებზე, ამაღლებენ რა მათ რეზისტენტულობას და ძარღვების კედლების შეღწევადობის ნორმალიზების ხარისხს. ნაჩვენებია, რომ ვიტამინი P იწვევს ასკორბინის მჟავას შარდოვანი ექსკრეციის შემცირებას, რაც გამოიხატა ქსოვილებში C ვიტამინის უკეთესი ათვისებითა და დაგროვებით. დადასტურებულია, რომ ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსი არატოქსიკურია და არ იწვევს გვერდით მოვლენებს [184].

რ. ლიტვარკმა და რ. შკლოვსკაიამ შეისწავლეს ჩაის ფოთლის კატექინების გამოყენება ბავშვთა კპილაროტოქსიკოზის დროს (მოსკოვის 25-ე საქალაქო საავადმყოფო) და მივიდნენ დასკვნამდე, რომ აღნიშნული პრეპარატის გამოყენება ხელს უწყობს კანზე გემორაგიული გამოვლინებების უფრო სწრაფ გაქრობას, მნიშვნელოვნად ამცირებს რეციდივების რაოდენობას. თერაპევტული ეფექტი უფრო შესამჩნევია პრეპარატის ადრეულ, სამ დღემდე პერიოდში გამოყენებისას. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პერაპარატს ბავშვები ღებულობენ სიამოვნებით და არ იწვევს გვერდით მოვლენებს [184].

ვ. სონდაკმა და ა. რუდერმანმა გამოიკვლიეს P ვიტამინის (ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსი) გავლენა სისხლძარღვულ კაპილარების შეღწევადობაზე და

მივიდნენ დასკვნამდე, რომ პრეპარატი აღმოჩნდა ეფექტური სისხლის კაპილარების შეღწევადობის ნორმალიზებისათვის სხივური ენერგიის ზემოქმედებისას, ნორმალური შეღწევადობის აღდგენისათვის საჭირო დრო და შედეგების მდგრადობა, როგორც ექსპერიმენტმა აჩვენა, დამოკიდებულია პრეპარატის დოზებსა და მიღების ხანგრძლივობაზე [184].

დ. ჯეიმს-ლევიმ შეისწავლა ვიტამინი P ჰიპერტონული დაავადებისას. ჩატარებული დაკვირვებების შედეგად მკვლევარი მივიდა დასკვნამდე, რომ ვიტამინი P არ წარმოადგენს რა ჰიპერტონული დაავდების საწინააღმდეგო სპეციფიკურ საშუალებას, ახდენს კეთილსასურველ მოქმედებას ავადმყოფთა საერთო მდგომარეობაზე და მნიშვნელოვნად ამცირებს სისხლის წნევას, თუმცა ეს შემცირება არ არის მდგრადი, თუ ავადმყოფი შეწყვეტს P ვიტამინის მიღებას [184].

მ. როზენტულმა, ტ. ვასილიევმა და პ. მასლოვმა შეისწავლეს კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გამოყენების შესაძლებლობა კანის ზოგიერთი დაავადების სამკურნალო: ეგზემა, დერმატიტი (დიურინგის), სისხლჩაქცევები თვალის ბადურაში, ლეინერის დესკვამატური ერიტროდერმიით დაბადებიდან დასნეულებული. ავადმყოფებს ჩაუტარდათ კომპლექსური მკურნალობა P და C ვიტამინებით. დადგენილია, რომ ყველა შემთხვევაში შედეგი იყო კეთილსასურველი. შემცირდა სისველე და ქავილი, შეწყდა ბუშტულაკების წარმოქმნა. კაპილარების რეზისტენტობა ამაღლდა, მიაღწია ნორმას. პრეპარატი არატოქსიკურია და კარგად ითვისებენ ბავშვები [184].

ე. კრაკოიმ გამოიკვლია კატექინების კომპლექსის დამატებითი მიღების ეფექტურობა ცხელი საამქროს მუშათა კაპილარების რეზისტენტობაზე. მიღებული შედეგები ადასტურებენ ცხელი საამქროს მუშებისათვის კატექინების კომპლექსის დამატებით მიღების მიზანშეწონილობას [184].

ე. აფანასიევამ და ვ. სმაგინმა გამოიკვლიეს ვიტამინური პრეპარატების P ვიტამინისა და კატექინების კომპლექსის კლინიკური გამოყენება. ამ პრეპარატების ერთობლივმა გამოყენებამ ასკორბინის მძავასთან ერთად გამოიწვია კაპილარული შეღწევადობის დარღვევათა შემცირება. დადასტურებულია ამ ვიტამინების გამოყენების ეფექტურობა ჰიპერტონული დაავადებების კომპლექსური

მკურნალობისას, ასევე ქრონიკული და მწვავე ნეფრიტებისას. აღინიშნა განსაკთრებული დადებითი ეფექტი პრეპარატებით კაპილარული ტოქსიკოზის მკურნალობისას [184].

დასასრულს, უნდა აღინიშნოს, რომ თითქმის ნახევარი საუკუნის წინ შესრულებული გამოკვლევების შედეგები თანამედროვე პირობებში საჭიროებენ დაზუსტებას და დამატებით გამოკვლევებს. მაგრამ ფაქტია, ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსური ფართო სპექტრის სამკურნალო საშუალებაა, რომლის შესაძლებლობები ჯერ კიდევ არ არის ბოლომდე გახსნილი.

აუცილებელია აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ ჩაის გამოყენება მსოფლიო ხალხების მიერ რამდენიმე ათასწლეულის მანძილზე თავისთავად მეტყველებს ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის არატოქსიკურობაზე.

1.4. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის ექსტრაჰირების წინაპირობები

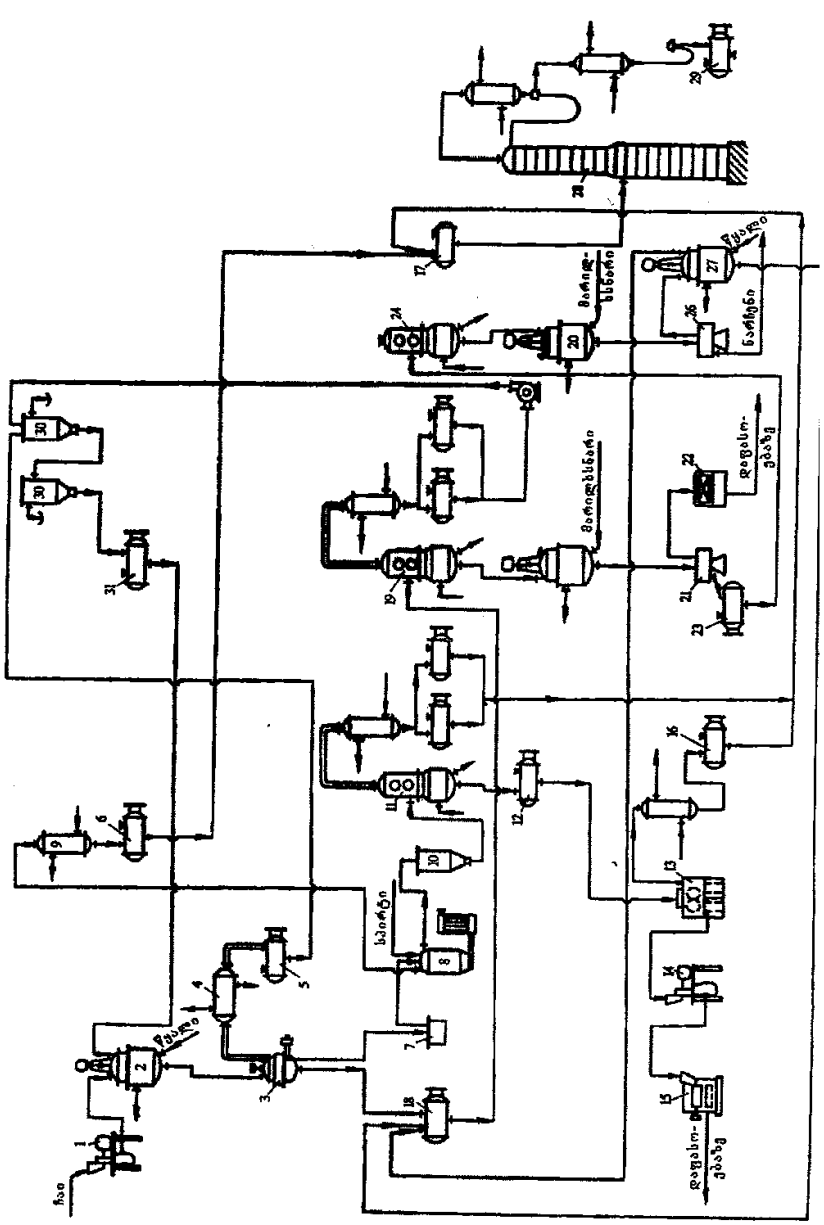
მცენარეული სამკურნალო ნედლეულის კომპლექსური და მცირენარჩენიანი გამოყენების პრობლემა თანამედროვე პირობებში მეტად აქტუალურია.

გასული საუკუნის ორმოცდაათიან წლებში ა. კურსანოვისა და მ. ზაპრომეტოვის მიერ დამუშავდა ჩაის ფოთლის პრინციპულად განსხვავებული კოლმპლექსური ტექნოლოგია, სადაც პირველად იქნა გამოყენებული ორგანული გამხსნელი (ქლოროფორმ-სპირტის ნარევი) და მიღებული იქნა სამი პროდუქტი: P ვიტამინი, კოფეინი და ფიტინი. წარმოების ტექნოლოგიური სქემა მოცემულია ნახ.3-ზე [184, 185].

აღნიშნული ტექნოლოგიური სქემით ჩაის ფოთოლი მსუბუქად ქუცმაცდება და წინასწარ ექსტრაჰირდება დიქლორეთანით. ამ დროს ჩაის ფოთლიდან ხდება კოფეინის, პიგმენტებისა და სხვა ცხიმხსნადი ნაერთების გამოწვლილვა. ამის შემდეგ

შროტიდან გადადენიან დიქლორეთანს და წარმოებს მისი ექსტრაქცია სპირტით. სპირტიანი ექსტრაქტი კატექინების ეომპლექსით (P ვიტამინით) მიეწოდება ვაკუუმ-ამაორთქლებელ აპარატს, საიდანაც ხდება სპირტის გამოხდა. კონცენტრატის მშრალი ფხვნილი კი მიეწოდება დასაფასოებლად.

ცნობილ მეცნიერთა აღნიშნული მეთოდი დაფუძნებულია ორგანული გამხსნელების შერჩევითი ექსტრაჰირების უნარზე. ჩაის მშრალი ფოთოლი ექსტრჰირდებოდა ქლოროფორმ-სპირტის ნარევით. გამშრალ ნარჩენს უტარებდნენ ექსტრაქციას ეთილის სპირტით კატექინების კომპლექსის გამოსაყოფად.



ნახ.3. ჩაის ფოთლიდან კატექინური კომპლექსის პრეპარატის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა. 1-დამქცმაცებელი; 2-ექსტრაქტორი; 3-დრეკ-ფილტრი; 4-კონდენსატორი; 5,6-გამხსნელის აკუმ; 7- შემკრები; 8-სექსტრაქციო ბატარეა; 9-კონდენსატორი; 10-შემკრები; 11-ვაკუუმ-აპარატი; 12- შემკრები; 13-ვაკუუმ-ფილტრის საშრობი; 14-დამქუცმაცებელი; 15-ბუნკერი; 16-მიმღები; 17-სპირტის შემკრები; 18-შემკრები; 19-ვაკუუმ-აპარატი; 20-კრისტალიზატორი; 21-ცენტრიფუგა; 22-ვაკუუმ-საშრობი; 23-შემკრები; 24-ვაკუუმ-აპარატი; 25-კრისტალიზატორი; 26-ცენტრიფუგა; 27-ჩაის გამზავებელი; 28-სარექტიფიკაციო სვეტი; 29-შემკრები; 30-ფლორენცის ჭურჭლების ბატარეა; 31-გამხსნელის შემკრები

როგორც ვხედავთ, ა. კურსანოვისა და მ. ზაპრომეტოვის მეთოდი რთულია. ამას გარდა იკარგება რიგი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებისა, როგორებიცაა კოფეინი, კაროტინოიდები, ქლოროფილები და ფეოფიტინები, ტოკოფეროლები, ცხიმოვანი მჟავები და სხვა, რისთვისაც ვერ ჰპოვა სამრეწველო განვითარება.

ანალოგიური ტექნოლოგიური სქემები შეიქმნა ქაცვის და ასკილის ნაყოფის კომპლექსური გადამუშავებისათვის. პირველ შემთხვევაში ჯერ ღებულობენ წვენს გამოწნეხვით, შემდეგ კი ზეთს ცალ-ცალკე რბილობიდან და თესლიდან ორგანული გამხსნელით. მეორე შემთხვევაში ჯერ ღებულობენ სიროფს C ვიტამინით, P ვიტამინის კონცენტრატს, ხოლო შემდეგ ცალ-ცალკე თესლიდან და რბილობიდან ზეთოვან მასას ორგანული გამხსნელით.

ფაქტიურად არსებული ჩაის ნედლეულის რაციონალური გამოყენების მიზნით ვ.ხვედელიძემ დაამუშავა ჩაის ფოთლის ცხიმხსნადი ვიტამინებიანი ფრაქციის წარმოების ტექნოლოგიური რეგლამენტი [186]. დადგენილია ჩაის ლიპიდების მაღალი საკვები ღირებულება და ფარმაკოთერაპევტული აქტიურობა მთელი რიგი დაავადებების მკურნალობისა და პროფილაქტიკისათვის, მათ შორისაა კანისა და საყლაპავი მილის კიბო, კანისა და კუჭის წყლულოვანი და სხვა დაავადებები.

ჩაის ცხიმხსნადი ლიპიდური ფრაქციის ექსტრაქციისათვის ვ.ხვედელიძემ ცნობილი ორგანული გამხსნელებიდან სათანადო ლაბორატორიული გამოკვლევების საფუძველზე შეირჩია ტრიქლორეთილენი, რომელიც ნაკლებტოქსიკურია, ვიდრე მეთილენები, არ არის ფეთქებად და აალებადსაშიში, მაქსიმალურ ეფექტს იძლევა გამოსავლიანობის თვალსაზრისით და აქვს საქართველოს კლიმატური პირობებისათვის სავსებით მისაღები დუღილის ტემპერატურა – $87^{0}C$ [186, 187]. შესაბამისად, ჩაიდან ლიპიდების ექსტრაქციის შემდეგ დარჩენილ შროტში თითქმის სრულად არის შენარჩუნებული წყალხსნადი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები, მათ შორის ფენოლური ნაერთები. დადგენილია ჩაის შროტის წყალხსნადი ვიტამინებიანი ნაერთების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი შედგენილობა და მათი გამოხატული რადიოპროტექტორული აქტიურობა. რეალიზებულია ჩაის შროტიდან ფენოლური კონცენტრატების წარმოების ტექნოლოგიური რეგლამენტი [188, 189, 190].

ჩაიდან ლიპიდების ექსტრაქციისათვის დამზადდა და წარმოებაში დანერგი-

ლია სამრეწველო–ექსპერიმენტული ექსტრაქტორი, რომელშიც რეალიზებულია ჩაის ფიზიკურ–მექანიკური და ქიმიური თავისებურებებიდან გამომდინარე სპეციფიკური მოთხოვნები [186, 188].

საკვებ–სამკურნალო მცენარეების კომპლექსური და უნარჩენო გამოყენება თანამედროვე პირობებში განსაკუთრებით აქტუალურია. საქართველოს ჩაის მრეწველობა პრაქტიკულად აღარ არსებობს, თუ არ ჩავთვლით რამდენიმე მცირე საწარმოს, რომელთა საერთო სიმძლავრეც (წარმოებული პროდუქციით) არსებულის 10-15%–ს არ აღემატება. განადგურდა და განადგურების პირასაა მიყვანილი ათასობით ჰექტარი ჩაის პლანტაციებისა. შენარჩუნებული პლანტაციები დასავლელთ საქართველოს ჩაის სამრეწველო რაიონებში პატარა ოაზისებს დაემსგავსნენ. ეს ტენდენცია დღესაც გრძელდება, რომლის შესაჩერებლადაც საჭიროა ჩაის ფოთლის სრულიად ახალი მიმართულების კომპლექსური უნარჩენო ტექნოლოგიური ასპექტების მეცნიერული წინაპირობებისა და შესაბამისი არატრადიციული საკვებ–პროფილაქტიკური და სამკურნალო–ფარმაცევტული დანიშნულების ბიოლოგიურად აქტიური კომპონენტების შემცველი კონცენტრატების წარმოების საფუძვლების დამუშავება.

ჩაის, როგორც ნედლეულის, ისე მზა პროდუქციის ექსტრაქტული წყალხსნადი ნივთიერებების შესწავლას მიეძღვნა ვრცელი და ყოვლისმომცველი გამოკვლევები. მაგრამ, მიუხედავად აღნიშნულისა, შეუსწავლელია ჩაის ორგანული გამხსნელით ექსტრაჰირების შემდეგ დარჩენილი შროტის წყალხსნადი ფრაქცია და მისი შემადგენელი ნაწილები. ამ საკითხისადმი მიძღვნილია მხოლოდ ვ. ხვედელიძის შრომები [186, 187, 189, 190], რაც სავსებით არასაკმარისია ნაშრომში დასახული მიზნის სრულად დამუშავებისათვის.

ტერმინი «ჩაის შროტი» პირველად ვ. ხვედელიძემ შემოიტანა, ატარებდა რა გამოკვლევებს ჩაიდან ცხიმხსნადი ლიპიდური ფრაქციების მისაღებად [186, 188, 190]. ზოგადად, შროტი (Schrot) – გერმანული სიტყვაა და ზეთის წარმოების მცენარეულ ნარჩენ ფხვიერ მასას ნიშნავს (თუმცა აქვს სხვა განმარტებაც).

ჩაის ფოთლის ხარისხობრივი პოტენციალის მაქსიმალური გამოყენება გადამუშავების ყველაზე ეფექტური და ეკონომიური მიმართულებაა. ამ თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ჩაის შროტის წყალხსნადი ფრაქციის გამოკვლევა მასში, უპირველეს

ყოვლისა, ფენოლურ–კატექინების კომპლექსისა და ასკორბინის მჟავას ცვალებადობის დინამიკის შესწავლის გზით. ნაშრომში [191] მოცემულია ჩაის ფოთლისა და მისგან მიღებული შროტის ქიმიური მახასიათებლები (ცხრ.3), საიდანაც ჩანს, რომ ექსტრაქტული ნივთიერებების, ფენოლური ნაერთებისა და კატექინების ჯამი ნაზი ფრაქციიდან უხეშ ნედლეულამდე მცირდება უჯრედში ლიგნინისა და ცელულოზის მომეტებული ჩართვით. ჩაის ფოთლის დაბერებასთან ერთად მცირდება ძირითადი სუბსტრატების აბსოლუტური შემცველობა როგორც EGC–ის, ისე $EGCG$–ის, მაგრამ EGC–ის პროცენტული შემცველობა კატექინების ჯამურ შემცველობაში იზრდება ნაზიდან უხეშ ფრაქციამდე. ამავე დროს $EGCG + EGC$ ჯამის პროცენტული შემცველობა ყველა ფრაქციისათვის თითქმის თანაბარია და ტოლია 70...75%–სა. დანარჩენი კატექინები იცვლებიან შედარებით ვიწრო დიაპაზონში, რაც დადასტურებულია ასევე სხვა გამოკვლევებითაც [92, 93].

ანალოგიურ სურათთან გვაქვს საქმე ჩაის შროტის შემთხვევაშიც (ცხრ.1). საწყის ნედლეულთან შედარებით ექსტრაქტული ნივთიერებების შემცველობა ნაზი ნედლეულის შროტში შემცირებულია 9%–ით, მოუხეშო ნედლეულის შროტში – 7,7%–ით, ხოლო უხეში ნედლეულის შროტში – 6,3%–ით. შემცირების ტენდენცია ახასიათებს ფენოლური ნაერთების შემცველობასაც ნაზი ნედლეულიდან უხეში ნედლეულის შროტამდე 18,8%–დან 11,3%–მდე (საწყის ნედლეულში იყო, შესაბამისად, 20,7% და 11,7%). ამასთან შემცირების ტენდენცია დამახასიათებელია უფრო მეტად ნაზი ფრაქციის შროტისათვის, ვიდრე უხეშისათვის.

ჩვენს მიერ დასახული მიზნის რეალიზაციისათვის პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს არა ჩაის ცალკეული ფრაქციების ქიმიურ შედგენილობას, არამედ საერთო მასისა და მისი შროტის წყალხსნადი ნივთიერებების რაოდენობრივ შედგენილობას. ცნობილია, რომ წლის სხვადასხვა დროს დამზადებული ჩაის უხეში ნედლეულის ქიმიური მახასიათებლები (ცხრ.2). ამას გარდა, ზაფხულში ნაკრეფი ჩაის უხეში ნედლეული ბიოლოგიური ფასეულობით მნიშვნელოვნად აღემატება შემოდგომაზე ნაკრეფს, ხოლო ეს უკანასკნელი – გაზაფხულზე ნასხლავ უხეშ ფოთოლს: ექსტრაქტული ნივთიერებები მცირდებიან 30,5%–დან 25,4%–მდე, კატექინების ჯამი – 98,5–დან 70,5%–მდე, ფენოლური ნაერთები – 15,2%–დან 9,7%–მდე. ამავდროულად იზრდება

ხსნადი შაქრების რაოდენობა 3,1%–დან 4,9%–მდე, მცირდება ხსნადი პექტინი 2,4%–დან 1,9%–მდე და ასკორბინის მჟავა – 4,7 მგ/გ–დან 1,9 მგ/გ–მდე [191].

ცხრილი 1

სხვადასხვა ფრაქციის ჩაის ნედლეულისა და მისი შროტის ქიმიური შედგენილობა

ნივთიერება	ნაზი		მოუხეშო		უხეში	
	საწყისი	შროტი	საწყისი	შროტი	საწყისი	შროტი
ექტსრაქტული ნივთიერება,%	40,0	36,4	37,6	34,7	31,2	29,2
ფენოლური ნაერთები,%	20,7	18,8	14,2	12,6	11,7	11,3
კატექინების ჯამი,მგ/გ; მათ შორის	110	100	76	70	64	60
EGC	24	22	20	18	17	16
GC	6	5	5	4	5	4
EC + C	7	6	6	5	6	5
EGCG	59	53	35	34	30	29
ECG	14	13	10	9	6	6

უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ნივთიერებების შემცველობით ჩაის უხეში ნედლეული რამდენადმე ჩამორჩება ხარისხოვან ჩაის ფოთოლს, მაგრამ ბიოლოგიურად სრულფასოვან ნივთიერებათა შემცველობის გადაანგარიშების დროს ხარისხოვან ჩაის ფოთოლთან შედარებით ეს სხვაობა ასეთი შესამჩნევი არ არის.

ამრიგად, როგორც ლიტერატურული მონაცემები ცხადყოფენ, ჩაის ნედლეულში წყალხსნადი ექსტრაქტული ნივთიერებები იცვლებიან როგორც ნედლეულის დამზადების დროის, ასევე კატეგორიების მიხედვით. ნაჩვენებია, რომ ჩაის ნედლეულის ორგანული გამხსნელით ექსტრაჰირების შემდეგ შროტში რჩება წყალხსნადი ბიოლოგიურად აქტიური ექტსრაქტული ნივთიერებების მნიშვნელოვანი ნაწილი, რაც ხდის ჩაის შროტს ძვირფას მეორად ნედლეულად ბიოლოგიურად აქტიური წყალხსნადი კონცენტრატების წარმოებისათვის.

ცხრილი 2

წლის სხვადასხვა დროს დამზადებული ჩაის უხეში

ნედლეულის ქიმიური მახასიათებლები

ნივთიერება	ზაფხული	შემოდგომა	გაზაფხული
ექსტრაქტული ნივთიერება, %	30,5	29,3	25,4
ფენოლური ნაერთები, %	15,2	12,8	9,7
კატექინების ჯამი; მგ/გ	98,5	85,6	70,5
ხსნადი პექტინი, %	2,4	2,3	1,9
ასკორბინის მჟავა, მგ/გ	4,7	2,8	1,9
კოფეინი, %	1,2	1,0	0,7
ხსნადი შაქრები, %	3,1	4,0	4,9

ჩაის შროტის წყალხსნადი ფრაქციის ქიმიური შედგენილობის ლიტერატურული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ არსებული მონაცემები არ არიან საკმარისი ჩაის თანამაედროვე სამეურნეო ნედლეულისა და მისი შროტის წყალხსნადი ფრაქციის ქიმიური შედგენილობის დასახასიათებლად და საჭიროა ამ საკითხის უფრო საფუძლიანი შესწავლა.

1.5. ჩაის ორგანული გამხსნელით ექსტრაქცია და შროტის წყლით ექსტრაქციის წინაპირობები

ჩაის ორგანული გამხსნელით ექტსრაქციის დროს მასათაცვლის პროცესი წარმოებს სისტემაში «მყარი სხეული–სითხე». ეს პროცესი განისაზღვრება მოლეკულური დიფუზიის, მასათაცვლისა და მასაგამტარობის ძირითადი კანონებით [193, 194, 195].

მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქცია, სხვა მყარი სხეულებიდან განსხვავებით, ხასიათდება უჯრედების სტრუქტურისა და ფიზიკურ–მექანიკურ თვისებებთან

დაკავშირებული მრავალი თავისებურებით. ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები განთავსებული არიან უჯრედებში, უჯრედშორის ფორებსა და ნაპრალებში და ექსტრაგენტმა მათში შესაღწევად უნდა გადალახოს უჯრედული და სხვა შიგა ბარიერები. ნედლი და მშრალი მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის პროცესი ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება. პირველ შემთხვევაში მოქმედი ნივთიერებები იმყოფებიან უჯრედის შიგნით ხსნარში, მეორე შემთხვევაში – მშრალი კონგლომერატების სახით უჯრედების კედლებზე ან ფორებში. აქედან გამომდინარე, სხვადასხვაა ექსტრაქციის პროცესისადმი მიდგომაც. ვინაიდან ჩვენ განვიხილავთ ჩაის მშრალ ნედლეულს, როგორც ექსტრაქციის ობიექტს, ექსტრაქციის პროცესსაც ამ თვალსაზრისით შევისწავლით.

მცენარეული ნედლეულის შრობის დროს უჯრედების თვისებები იცვლება და ისინი გადადიან პლაზმურ მდგომარეობაში. უჯრედული მემბრანები იძენენ ფოროვანი ტიხრების თვისებებს,რომლებიც მოითვლიან რამდენიმე ათას ფორს დიამეტრით 0,2...0,3 მმ–დან რამდენიმე ათეულ ნანომეტრამდე. ექსტრაქციის პროცესი ამ დროს ფოროვან მემბრანაში დიალიზის ხასიათს იძენს.

ექსტრაგენტის უჯრედში შეღწევის პროცესი განისაზღვრება ნედლეულის ჰიდროფილურობის ხარისხით, ექსტრაგენტის თვისებებით, უჯრედთა კედლების ფორების ზომებითათ და რაოდენობით. ამასთან, მცენარეული ნედლეული წარმოადგენს კაპილარულ–ფოროვანი სტრუქტურის სხეულს და რაც მეტია მსგავსება სხეულსა და ექსტრაგენტს შორის, მით უფრო სწრაფად ხდება კაპილარების დასველება და მასში ექსტრაგენტის მოხვედრა: მაკრო–და მიკრობზარებიდან, უჯრედშორისი გზით, უჯრედის ფორებიდან დიფუზიის გზით. ამ დროს ექსტრაგენტით იჟღენთება უჯრედოვანი სტრუქტურის შემადგენელი ცელულოზა და სხვა მაღალმოლეკულური ნივთიერებები, მიმდინარეობს მასალის მოცულობის გაზრდა. ამავდროულად წარმოიქმნება შიგაუჯრედული წვენი – ექსტრაგენტი აღწევს უჯრედის შიგნით, ხსნის უჯრედის გამშრალწვენს. პროცესის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მცენარეული ნედლეულის მორფოლოგიურ თავისებურებებზე და გრძელდება 3...4 საათიდან 20...30 საათამდე. ჩაის ტრიქლორეთილენით ექსტრაჰირებისას პროცესის ოპტიმალური ხანგრძლივობა 68–72 ^0C ტემპერატურაზე 9...10 საათია [186, 187].

კაპილარებში ექსტრაგენტის მოხვედრას ხელს უშლის მათში ჰაერის არსებობა. ამ წინააღმდეგობის დასაძლევად და პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის მიმართავენ სხვადასხვა ხერხს. მაგალითად, ექსტრაგენტს აწოდებენ გაზრდილი წნევით, ახდენენ წინასწარ ვაკუუმირებას, იყენებენ მაღალი სიხშირის რხევებს და სხვა. პირველი ორი ხერხის გამოყენება ჩაის ორგანული გამხსნელით ექსტრაქციისას ბევრ სირთულესთანაა დაკავშირებული და არ არიან მიზანშეწონილი. მაღალი სიხშირის რხევების გამოყენების შესაძლებლობა კი ჩაის საწარმოო–ექსპერიმენტულ ექსტრაქტორში გათვალისწინებულია აღნიშნული ექსტრაქტორის სქემა მოცემულია ნახ.4. [187, 191].

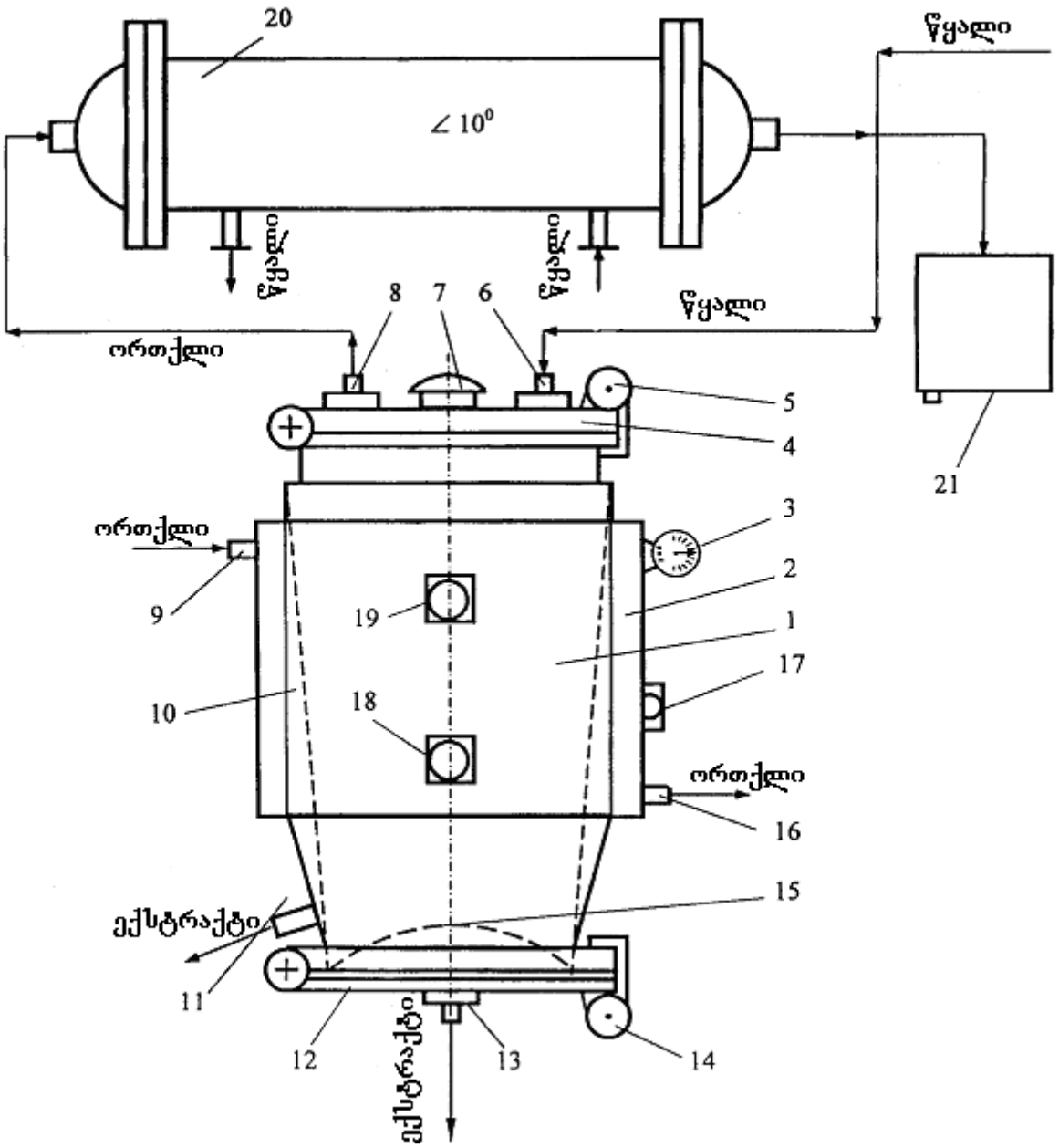
ჩაის საექსტრაქციო დანადგარი (ნახ.4) პერიოდული ქმედებისაა და ითვალისწინებს ნედლეულის ორმაგი ექსტრაქციის შესაძლებლობას: ჯერ ორგანული გამხსნელით, შემდეგ კი – წყლით.

ექსტრაქტორი შედგება კორპუსისაგან 1, რომლის ცილინდრულ ნაწილს გარს აკრავს პერანგი 2 ექსტრაქციის საჭირო ტემპერატურის მისაღწევად. ნედლეულის ჩაყრა წარმოებს ზედა ხუფიდან 4, რომელიც ჰერმეტულად იკეტება ჩამკეტით 5, ხოლო ექსირაჰირებული ნარჩენის გამოყრა წარმოებს ქვემო ხუფიდან 12 ჩამკეტით 14. კორპუსის 1 შიგნით მთელ სიმაღლეზე მოთავსებულია კონუსური ცრუ კედელი 10 უჟანგავი ლითონის ფურცლოვანი ბადის სახით, ისე რომ მასში თავისუფლად იმოძრაოს ექტსრაგენტმა და შესძლებისდაგვარად არ გავიდეს საექსტრაქციო ნედლეული. ქვედა ხუფზეც 12 დამაგრებულია სფერული ფორმის ასეთივე ბადე 15, რომელიც ანალოგიურ ფილტრის როლს ასრულებს.

პერანგში გამაცხელებელი აგენტის მიწოდება (ორთქლი, წყალი) ხდება მილისიდან 9, ხოლო გამოშვება – მილისიდან 16. ექსტრაქტს ღებულობენ მილისებიდან 11 და 13, რომლებიც სარქველების მოვალეობასაც ასრულებენ.

ექსტრაქტული აღჭურვილობა მზომი საკონტროლო ხელსაწყოებით: წნევის სარქველით 7, მანომეტრით 3 და თერმორეგულატორით 17, რომლის საშუალებითაც ხდება საჭირო ტემპერატურის შენარჩუნება ექსტრაქტორში.

ექსტრაქციის პროცესში ექსტრაგენტის ორთქლი სარქველიდან 8 გაივლის თბომცველს 20 და კონდენსატის სახით უბრუნდება ექსტრაქტორს სარქველით 6.



ნახ.4. საწარმოო ექსპერიმენტული ექსტრაქტორის სქემა: 1 – კორპუსი; 2 – პერანგი; 3 – მანომეტრი; 4,12 – სახურავი; 5,14 – საკეტი; 6,7,8,13 – სარქველები; 9,16 – მილისა; 10 – ცრუ კედელი; 11 – ექსტრაქტის სარქველი; 15 – ცრუ ფსკერი; 17.18.19 – ვიბრატორები; 20 – თბომცვლელი; 21 – ავზი.

აღნიშნული ექსტრაქტორის მუშა მდგომარეობაში საექსპლუატაციო მოცულობა შეადგენს 2,6...2,7$м^3$–ს. სწორედ ამ მოცულობას იკავებს საექსტრაქციო ნედლეული და გამხსნელი. საერთო შიგა მოცულობა კი 3,5 $м^3$–ს შეადგენს.

ვიბრატორებით 18 და 19 (სულ ოთხი, ექსტრაქტორის გარშემო, სიმეტრიუ-

ლად) ხდება პროცესის ინტენსიფიკაცია: გამოსავლის გაზრდა ხარისხობრივი მახასიათებლების ნაწილობრივ გაუარესების ხარჯზე.

ექსტრაქციის დამთავრების შემდეგ ექტსრაქტი მიიღება 11 და 13 სარქველებიდან. შესაძლებელია პროცესის რამდენიმეჯერ განმეორება, თუ ამის საჭიროება არსებობს.

ორგანული გამხსნელით ექსტრაქციის დასრულების შემდეგ ჩაის შროტიდან ექსტრაგენტის რეკუპერაციისათვის გამაცხელებელ პერანგში 2 ვუშვებთ ორთქლს. ასევე, გარკვეული წნევით სარქველიდან 13 ორთქლი ან ჰაერი შეგვყავს ექსტრაქტორში. გამხსნელის ორთქლი წყლის ორთქლთან ერთად სარქველიდან 8 წარიტაცება თბომცვლელში 20, კონდენსირდება და ჩაედინება ავზში 21. ამ დროს სარქველი 6 დახურულია.

დასასრულს, მშრალი შროტი ექსტრაჰირდება წყლით გარკვეულ ტემპერატურაზე. სწორედ ჩაის შროტის წყლით ექტსრაჰირების პროცესის გამოკვლევასა და ოპტიმაციას ეძღვნება წინამდებარე ნაშრომი.

ჩაიდან წყალხსნადი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მიღების ჩვენს მიერ შესასწავლი და დასამუშავებელი ტექნოლოგიური პროცესები მკვეთრად განსხვავდებიან ჩაის ხსნადი კონცენტრატების ტექნოლოგიებისაგან შემდეგი გარემოებების გამო:

- ჩაის შროტი, რომელიც უკვე დამუშავებულია ორგანული გამხსნელით, უმეტესწილად განთავისუფლებულია რიგი ნაერთებისაგან (პიგმენტები, კოფეინი, მინერალური ნივთიერებები, ნახშირწყალბადები და სხვა), რაც ქმნის საჭირო ფონს ექსტრაქტული წყალხსნადი, ძირითადად, ფენოლური ბუნების ნივთიერებების თავისუფალი ექსტრაქციისათვის;
- მიღებული პროდუქტი გამოიყენება როგორც საკვებ–პროფილაქტიკური და სამკურნალო–ფარმაცევტული საშუალება (P ვიტამინის კონცენტრატების არსებული საშუალებების ანალოგიურად), ძირითადად, რადიაციით დაბინძურებულ ეკოლოგიურად დაძაბულ რეგიონებში მცხოვრები ადამიანებისათვის ყოველდღიურ საკვებ რაციონში. შესაბამისად, აქ კონცენტრატის გემოვნებითი მახასიათებლები ნაწილობრივ იგნორირებულია და მთელი აქცენტი გადატანილია ფენოლური ნა-

ერთებისა და კატექინების ჯამურ შემცველობაზე, მათ ანქიოქსიდანტურ აქტიურობაზე;

- ორგანული გამხსნელით უკვე დამუშავებული ჩაის შროტის ნაწილაკშიგა წინააღმდეგობა უკვე დაძლეულია, რაც ინტენსური ექსტრაქციის წინაპირობაა;
- პიგმენტების, კოფეინისა და სხვა ნივთიერებებისაგან განთავისუფლებული ჩაის შროტი ადვილად ექვემდებარება კონცენტრირებას დამატებითი ღონისძიებების გარეშე მშრალი ნივთიერებების 65...70%–მდეც კი სტანდარტულ ვაკუუმ–ამაორთქლებლებში [186, 187];
- ზოგადად, ჩაის ნედლეულიდან ან პროდუქციიდან კატექინების კომპლექსის მისაღებად იყენებდნენ ეთილის სპირტს, რაც გარკვეულ მატერიალურ ხარჯებთან და ტექნიკურ სირთულეებთანაა დაკავშირებული. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ჩაის შროტის წყლით ექსტრაქცია აქედან გამომდინარე რიგი ეფექტურობით [184, 185, 190].

ჩაის წყლიანი ექსტრაქტისათვის სასაქონლო სახის მისაცემად აუცილებელია რიგი ტექნოლოგიური პროცესების ჩატარება. მათ შორის, ფილტრაციის, დაკონცენტრირებისა და შრობის.

ჩაის ექსტრაქტის გაფილტვრა წარმოების ერთ–ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ფილტრაციისა და ცენტრიფუგირების შემდეგ ჩაის ექსტრაქტი უნდა იყოს გამჭვირვალე, მყარი ნაწილაკების მინარევების გარეშე. ამ მიზნისათვის გამოიყენებიან ნუტჩ–ფილტრები, რომლებიც ექსტრაქტს ატარებენ შეკუმშული ჰაერით პორციებად. გაფილტვრისათვის იყენებენ ასევე ცენტრიფუგებსაც [196, 197, 198].

ჩაის ექსტრაქტის ცენტრიფუგირება ფართოდ გამოიყენება საზღვარგარეთის რიგ ფირმებში, როგორებიცაა «ნესტლე», «კოკა–კოლა», «ნირო–ატომაიზერ», ხსნადი ჩაის საწარმოებლად. ჩაის ექსტრაქტის მრავალჯერადი ცენტრიფუგირება საჭიროა უშუალოდ ჩაის ფოთლიდან ხსნადი ჩაის საწარმოებლად [199 - 204].

ჩაის ექსტრაქტის კონცენტრირებისათვის სამამულო და საზღვარგარეთულ პრაქტიკაში გამოიყენებენ სხვადასხვა მეთოდს [199, 200, 201, 205, 206].

ხსნადი ჩაის სამამულო ტექნოლოგიით ექსტრაქტის კონცენტრირებას აწარმოებენ ორსაფეხურიან გამფრქვევ საშრობში «არსჩ–200». ამ დროს პირველი საფეხური

ითვალისწინებს ხსნარიდან წყლის მოცილებას 30-33 %–მშრალ ნივთიერებამდე შემდგომი უწყვეტი გამოშრობით [199].

მაგრამ, როგორც ცნობილია, ხსნარის კონცენტრირება აორთქლებით მიმდინარეობს გაზრდილი ტემპერატურის პირობებში, რაც იწვევს არომატული და სხვა ნივთიერებების წყლის ორთქლთან ერთად აქროლვას. ამიტომაც, ამგვარად კონცენტრირებული ჩაის ექსტრაქტი შედარებით ღარიბია არომატული და სხვა ნივთიერებებით.

ქიმიურ-ფარმაცევტული და კვების მრეწველობის მრავალ დარგში თხევადი მასალების შრობისათვის იყენებენ გაფრქვევით შრობის მეთოდს და შესაბამის დანადგარებს. ამ მეთოდით შრობამ გამოყენება ჰპოვა ისეთი პროდუქტების წარმოებაში, როგორებიცაა ხსნადი ჩაი, ყავა, რძე. თხევადი მასალების გაფრქვევით საშრობ დანადგარებს აქვთ მაღალი წარმადობა, ამავდროულად ადვილად რეგულირდება ფხვნილის მოცულობითი მასა, ნაწილაკების ზომები, საბოლოო ტენიანობა შესაბამისი გამფრქვევი მოწყობილობის შერჩევითა და გამფრქვევი მექანიზმის ბრუნვის სიჩქარის, სითხის ან ჰაერის გაფრქვევის წნევის, მასალის სიბლანტისა და ტემპერატურის, მასალაში მშრალი ნივთიერებების შემცველობის, გარემოს ტემპერატურისა და რიგი სხვა ფაქტორების რეგულირებით [199, 200, 210].

თანამედროვე გამფრქვევ საშრობ დანადგარებში ძირითადად გამოიყენება გაფრქვევის სამი ხერხი: ცენტრიდანული – მბრუნავი დისკოებით, პნევმატური და მექანიკური – მფრქვევანებით.

ცნობილია ფხვნილისებრი კვების პროდუქტების წარმოებისათვის გაფრქვევის პრინციპზე მომუშავე საშრობი დანადგარის რამდენიმე ტიპი: ჰორიზონტალური – «ბლოუ–ნოუკს» (აშშ), ვერტიკალური – «ნირო–ატომაიზერ»-ი (დანია), «ანგიდრო» (დანია), სრც–6,5/21–ბკ, ვერტიკალური ორსაფეხურიანი – არსჩ–200 (უკრაინა) და სხვა [200].

სამამულო ნედლეულიდან ჩაის ექსტრაქტის შრობისათვის გამოყენებული იყო სხვადასხვა ტიპის საშრობი დანადგარები. ხსნადი ჩაის საცდელ–სამრეწველო პარტიის მისაღებად გამოიცადა ფირმა «ნირო–ატომაიზერი»–ს საშრობი დანადგარი მოსკოვის კვების ინსტიტუტში და «კოკა–კოლა»–ს ფირმის დანადგარი ამერიკის შეერთებულ შტატებში ხსნადი ჩაის ქარხანაში. საქართველოში (ანასეული) მოსკოვის ქიმიუ-

რი მანქანათმშენებლობის ინსტიტუტის მიერ დამუშავდა და დამზადდა გამფრქვევი საშრობის ექსპერიმენტული დანადგარი აირის თანაბრი მიწოდებით [199, 211, 212, 213].

ექსპერიმენტულად დადასტურებულია, რომ გამშრობი აგენტის ტემპერატურა მნიშვნელოვნად მოქმედებს ხსნადი ჩაის პროდუქციის ქიმიურ მახასიათებლებზე. ნაჩვენებია, რომ შრობის ტემპერატურის გაზრდით მიღებულ ხსნად ჩაიში, სხვა თანაბარ პირობებში, ფენოლური ნაერთებისა და კატექინების რაოდენობა მნიშვნელოვნად მცირდება. მცირდება როგორც ფენოლური ნაერთები ზოგადად, ასევე ცალკეული კატექინები, განსაკუთრებით კი *EGC* და *EGCG* . მარტივი კატექინები *EC* და *GC* უმნიშვნელოდ იზრდება. ეს მოვლენა გამოწვეულია მაღალი ტემპერატურის გავლენით კატექინების იზომერიზაციით, ასევე გალის ეთერების მარტივ კატექინებად ნაწილობრივი გარდაქმნით [199].

თხევადი პროდუქტების შრობის ერთ–ერთი ყველაზე პროგრესული მეთოდი სუბლიმაციური შრობაა. ამ პროცესში გაერთიანებულია კონსერვაციის ორი ცნობილი მეთოდი – გაყინვა და შრობა ვაკუუმში. ყოველივე ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებისა და ხარისხობრივი მაჩვენებლების მაქსიმალურად შენარჩუნების საშუალებას იძლევა. სუბლიმაციური შრობის უპირატესობა ხსნადი ჩაის წარმოებისას არაერთხელ დადასტურდა სხვადასხვა გამოკვლევებით [207, 214, 215].

მიუხედავად დიდი უპირატესობისა, სუბლიმაციური შრობა დაკავშირებულია შედარებით დიდ ენერგოდანახარჯებთან და რიგ ტექნიკურ სირთულეებთან.

საერთოდ, ჩაის ექსტრაქტის შრობას ნებისმიერი მეთოდით, მეტნაკლებად, თან სდევს ბიოლოგიურად აქტიური ექსტრაქტული ნივთიერებების დანაკარგები. აღნიშნული გარემოება განსაკუთრეკბით შესამჩნევია მაღალი ტემპერატურის გამოყენებით გაფრქვევის მეთოდით ჩაის ექსტრაქტის შრობისას.

ვინაიდან ჩაის შროტის წყალხსნადი ფრაქციის ექსტრაქციისას ჩვენ არ მივისწრაფვით ორგანოლეპტიკური მახასიათებლების შენარჩუნებისაკენ, ვცდილობთ შევინარჩუნოთ მხოლოდ ბიოლოგიურად აქტიური წყალხსნადი ნივთიერებები და ამავდროულად აუცილებლობას არ წარმოადგენს ხსნადი კონცენტრატის მშრალი სახით მიღება, ვ. ხვედელიძემ ჩაის შროტის წყალხსნადი კონცენტრატების წარმოების

პროცესებში გამორიცხა ექსტრაქტის შრობა [186, 187, 190].

ტექნოლოგიურ ხაზში გათვალისწინებულია ექსტრაქტისა და მწვანე ჩაის ფხვნილის რეცეპტურის მიხედვით არევა «ზმს–316» ტიპის დიფუზორში და მიღებული ნარევის დაგრანულირება სპეციალურ დანადგარზე ფარმაკოპეას მოთხოვნების გათვალისწინებით: დასაგრანულირებელი მასის ტენიანობა –25±2%, გრანულის დიამეტრი – არაუმეტესი 2 მმ [186].

ტექნოლოგიურ ხაზში ასევე გათვალისწინებულია გრანულების დატაბლეტება «რტმ» ტიპის დანადგარზე, რომელზეც შესაძლებელია ვაწარმოოთ 0,5...1,0 გ მასის ტაბლეტები დიამეტრით 10...12 მმ [186, 190].

ამრიგად, განხილული ტექნოლოგიური ხაზი ჩაის შროტიდან ბიოლოგიურად აქტიური კონცენტრატების სამი სახის პროდუქტის წარმოების შესაძლებლობას იძლევა. ესენია 40...60%–მდე კონცენტრირებული ექსტრაქტები, დაგრანულირებული კონცენტრატები და დატაბლეტებული კონცენტრატები [95,99].

აღნიშნული ტექნოლგიური ხაზის რეალიზაციის დროს მთელი რიგი ტექნლოგიური პროცესებისა დასაზუსტებელია. კერძოდ, ეს ეხება ჩაის ექტსრაქტში გადამუშავების ცალკეულ ეტაპზე ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების დანაკარგების მინიმიზაციას, ექსტრაქტის ბიოლოგიური აქტიურობის კრიტერიუმის დადგენას, ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაციას და ასე შემდეგ.

1.6. მოკლე დასკვნები და მეცნიერული კვლევის ძირითადი მიმართულებები

მცენარეული ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების დიდი უმრავლესობა (მათ შორის კატექინების კომპლექსი) ექსტრაჰირებით მიიღება. მიუხედავად ჩაის კულტურის ათასწლოვანი ისტორიისა, მისი ძირითადი აქტიური ნივთიერების - კატექინების კომპლექსის ექსტრაქციის პროცესი მეცნიერულად დღემდე

შეუსწავლელია. არ არის დადგენილი ის ძირითადი ფაქტორები და მათი დონეები, რომლებიც მოქმედებენ ნედლეულიდან კატექინების გამოსავლიანობასა და ექსტრაქტის ხარისხობრივ და რაოდენობრივ შედგენილობაზე, არ არის ჩამოყალიბებული კატექინების მიღების რაციონალური ტექნოლოგიური სქემა, პროდუქტის სასაქონლო სახე და შენახვის პირობები.

ფენოლური ნაერთების (კატექინების) უნიკალურად მაღალი კონცენტრაცია და ძლიერი ანტიოქსიდანტური აქტიურობა ჩაის ფოთოლს ხდის არა მარტო მაღალი პროფილაქტიკური მნიშვნელობის ძვირფას კვების პროდუქტებად, არამედ ადამიანის ყველაზე უფრო გავრცელებული დაავადებების სამკურნალო საშუალებების ბუნებრივ წყაროდ. იმ დაავადებებისა, რომელთა პათოგენეზშიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს თავისუფალრადიკალური ჟანგვის, კერძოდ, ლიპიდური პეროქსიდაციის აქტივაცია. კატექინების კომპლექსის ფუძეზე ეფექტური სამკურნალო საშუალებების შექმნის შესაძლებლობას აფერხებს მისი შედარებით დაბალი ხსნადობა და ორგანიზმში ცხოვრების ნახევარპერიოდის მცირე ხანგრძლივობა. შესაბამისად, ჩაის კატექინების უფრო ხსნადი და ხანგრძლივად მოქმედი პრეპარატების მიღება, მათი წარმოების საფუძვლების შექმნა და ხარისხის კონტროლის ნორმებისა და მეთოდების შემუშავება მეტად პერსპექტიული და აქტუალური საკითხია.

ჩაის შროტის წყალხსნადი ფენოლური ნაერთების ექსტრაქცია მიზანშეწონილია განვიხილოთ არა როგორც ერთი ლოკალური პროცესი, არამედ როგორც პროცესების მთელი კომპლექსი საექსტრაქციო ნედლეულის ექსტრაქციიდან მიზნობრივი პროდუქტის სასაქონლო სახეზე.

ჩაის შროტის წყალხსნადი ფენოლური ნაერთების ექსტრაქციისათვის შესაძლებელია გამოვიყენოთ არსებული ტექნოლოგიური ხაზი ექსპერიმენტის შედეგებით გამოწვეული კორექტივების შეტანით.

ჩაის ექსტრაქტის შრობას ნებისმიერი მეთოდით თან სდევს ბიოლოგიურად აქტიური ექსტრაქტული ნივთიერებებისა და ორგანოლეპტიკური მაჩვენებლების ხშირად მეტად მნიშვნელოვანი დანაკარგები. აღნიშნული გარემოება განსაკუთრეკბით შესამჩნევია მაღალი ტემპერატურის გამოყენებით გაფრქვევის მეთოდით ჩაის

ექსტრაქტის შრობისას.

ვინაიდან ჩაის შროტის წყალხსნადი ფრაქციის ექსტრაქციისას ჩვენ არ მივისწრაფვით ორგანოლეპტიკური მახასიათებლების შენარჩუნებისაკენ, ვცდილობთ შევინარჩუნოთ მხოლოდ ბიოლოგიურად აქტიური წყალხსნადი ნივთიერებები და ამავდროულად აუცილებლობას არ წარმოადგენს ხსნადი კონცენტრატის მშრალი სახით მიღება, მიზანშეწონილია კატექინების კომპლექსის პრეპარატის თხევადი, 50-60 %-იანი კონცენტრაციის ექსტრაქტის სახიოთ წარმოება.

2. კვლევის ობიექტები და მეთოდები

2.1 კვლევის ობიექტები

ექსპერიმენტისათვის გამოიყენებოდა ჩაის მწვანე ფოთოლი, რომელშიც ნაზი ფრაქციის შემცველობა მერყეობდა ფართო დიაპაზონში (20–დან 90%–მდე). ჩაის ნიმუშებს ვუტარებდით ფიქსაციას წყლის ორთქლით, საერთოდ მიღებული წესით, 130^0C ტემპერატურაზე 3...4 წუთის განმავლობაში და ვაშრობდით საშრობ კარადაში $75...85^0C$ ტემპერატურაზე არაუმეტეს 8-9 % ტენიანობამდე. ნედლეული აიღებოდა და ექსპერიმენტისათვის მზადდებოდა წყალტუბოს რაიონის პლანტაციებიდან (სოფ.ოფურჩხეთი) 2008-2010 წლებში.

ლაბორატორიული ექსპერიმენტებისათვის წინასწარ ვახდენდით ჩაის ნიმუშებიდან ცხიმხსნადი ლიპიდური ფრაქციის მოშორებას არაპოლარული გამხსნელით – პეტროლეინის ეთერით ოთახის ტემპერატურაზე ექვსჯერადი ექსტრაქციით. თითოეული საფეხურის ხანგრძლივობა იყო 1 საათი, ხოლო ნიმუშის მასური ფარდობა ექსტრაგენტთან შეადგენდა 1:3–ს ყოველი საფეხურისათვის.

პეტროლეინ–ეთერული ექსტრაქტის მოცილების შემდეგ დარჩენილი ჩაის შროტიდან ვახდენდით ექსტრაგენტის გამოხდას ვაკუუმ–ამაორთქლებელ აპარატში. ჩაის შროტის მშრალი ნიმუშები, რომლებზეც ექსტრაგენტის სუნი არ შეიგრძნობოდა, გადაგვქონდა სპეციალურ ჰერმეტულ კონტეინერებში სათანადო წარწერებით და ინახებოდა ჰერმეტულ პირობებში არაუმეტეს 20 ^0C ტემპერატურაზე.

საწარმოო ექსპერიმენტისათვის გამოიყენებოდა ექსტრაქტორში ორგანული გამხსნელით (ტრიქლორეთილენით) ჩაის სამეურნეო ნედლეულის ექსტრაჰირების შემდეგ დარჩენილი შროტი, რომლიდანაც ექსტრაქტორშივე ვახდენდით ორგანული გამხსნელის გამოხდას ექსტრაგენტის სუნის დაკარგვამდე. მშრალი შროტის წყლით ექსტრაჰირებას ვახდენდით იმავე ექსტრაქტორში გასუფთავებული წყლით. ექსტრაქციის პირობებს ვადგენდითთ ექსპერიმენტულად ლაბოლატორიული კვლევების შედეგების გათვალისწინებით.

ქიმიური ანალიზი უტარდებოდათ ლაბორატორიულ და საწარმოო ექსპერიმენტის შედეგად მიღებულ ექსტრაქტებს ტექნოლოგიური ოპერაციების მსვლელობის

პროცესში. ფარმაკოლოგიურ შეფასებას და სტანდარტიზაციას ექვემდებარებოდა ჩა-ის ფოთლის ფენოლური ნაერთების 50 %-იანი თხევადი კონცენტრატის - კატექინების კომპლექსის პრეპარატი.

2.2. ქიმიური ანალიზის მეთოდები

ჩაის ფოთლისა და შროტის ექსტრაქტების ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების შესწავლას ვახდენთ საერთაშორისო სტანდარტების მიხედვით (ISO-International Organization for Standardization). კერძოდ:

- წყალხსნადი ექსტრაქტის შემცველობას: **ISO 9768:1994**, რომელიც ითვალისწინებს ექსტრაქტის გამოღებას რეფლუქსის პირობებში, ფილტრაციას, გაუხსნელი ნარჩენების შრობას და აწონვას შემდგომი ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოთვლით;
- პოლიფენოლების საერთო რაოდენობის შემცველობას: **ISO 14502-1**:, რომელიც დაფუძნებულია კოლორიმეტრიული ანალიზის მეთოდზე ფოლინ-ჩიოკალტეუს რეაქტივის გამოყენებით;
- კატექინების შემცველობას: **ISO 14502-2:2005**, რომელშიც გამოიყენება მაღალეფექტური სითხის ქრომატოგრაფირების მეთოდი ;

მძიმე მეტალების შემცველობასა და ექსტრაქტის სიმკვრივეს ვსაზღვრავდით სახელმწიფო ფარმაკოპეას მოთხოვნების მიხედვით **(სფ XI, გამ.2)**.

კატექინების კომპლექსისთხევადი პრეპარატის ფარმკოლოგიური შეფასების მეთოდოლოგიური ასპექტები მოცემულია ნაშრომის შესაბამის თავში.

ჩაის ექსტრაქტების ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ანალიზისათვის გამოვიყენეთ ექსპრესიული ელექტროქიმიური ამპერომეტრული მეთოდი, რომელიც დამუშავებულია რუსეთის ფედერაციის სამეცნიერო-საწარმო გაერთიანება „ქიმავტომატიკა“-ში. ვინაიდან აღნიშნული მეთოდი საქართველოს პირობებში, ჩვენი

მონაცემებით, არ არის აპრობირებული, მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ მისი არსის შედარებით სრულად ჩამოყალიბება.

2.2.1. ჩაის შროტის ექსტრაქტების ანტიოქსიდანტური აქტიურობის განსაზღვრის მეთოდიკა

ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ამპერომეტრული მეთოდი დაფუძნებულია გამოსაკვლევი ნაერთის მუშა ელექტროდის ზედაპირზე დაჟანგვის შედეგად წარმოშობილი ელექტრული დენის სიდიდის გაზომვაზე, როცა ელექტროდი გარკვეული პოტენციალის ქვეშ იმყოფება [216-218].

ამ მეთოდის მგრძნობიარობა დამოკიდებულია როგორც მუშა ელექტროდის სახეობაზე. ის მასზე მოდებულ პოტენციალზე. მუშა ელექტროდად გამოიყენება მინანახშირბადი, ოქრო, პლატინა, ვერცხლი, სპილენძი, ნიკელი და სხვა. აოტენციალი შეიძლება დავამყაროთ 0-დან 2,5 ვოლტამდე.

ჩვენს შემთხვევაში, წინასწარი ექსპერიმენტითა და არსებული რეკომენდაციებით, შევირჩიეთ მინანახშირბადის ელექტროდი, რომელიც განსაკუთრებით უნივერსალურია პოლიფენოლების ნაერთების ანალიზისათვის, როცა მათი იონიზაციის პოტენციალი იცვლება 0,1-დან 1,0 ვოლტამდე.

ჩაის ექსტრაქტების ანტიოქსიდანტური აქტიურობის განსაზღვრის მეთოდიკა შევიმუშავეთ ამპერომეტრული მეთოდით მოქმედ ხელსაწყოზე „ცვეტაიაუზა-01-აა“, რომლის პრინციპული სქემაც მოყვანილია ნახ.5-ზე. ის შედგება გამხსნელის, ჩვენს შემთხვევაში გასუფთავებული წყლის, 1 ავზისაგან, ტუმბოსაგან 2, მრავალსვლიანი ვენტილის სახის დოზატორისაგან 3, თერმორეგულიატორისაგან 4, ელექტროქიმიური უჯრედებიანი დეტექტორისაგან საცვლელი მუშა ელექტროდებით 5, დენის გამაძლიერებლისაგან 6, ანალოგიურ-ციფრული გარდაქმნელის 7 და გამომავალი სიგნალის სარეგისტრაციო მოწყობილობისაგან 8 [218].

ხელსაწყო საშუალებას იძლევა შევასრულოთ გამოსაკვლევი ნიმუშის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის პირდაპირი რაოდენობრივი გაზომვები ეტალონ-ანტიოქსიდანტთან მიმართებაში. ის შემდეგნაირად მუშაობს: ტუმბო მუდმივად გადადენის გამხსნელს (წყალს) ავზიდან მთელ სისტემაში. ვენტილ-დოზატორში „ნიმუშის შერჩევა“-ს მდგომარეობაში სტრანდარტული შპრიცით მადოზირებელ კვანძში შეჰყავთ 1 მლ გამოსაკვლევი ხსნარი. ვენტილის სახელურის შემობრუნებით „ანალიზი“-ს მდგომარეობაში გამხსნელის ნაკადს შეჰყავს გამოსაკვლევი ნაერთის გარკვეული ულუფა დეტექტორის უჯრედში, სადაც ელექტროდზე ხდება ნივთიერების მოლეკულის დაჟანგვა. ამ დროს იზრდება ელექტრული დენი ორ ელექტროდს შორის, რომლის სიდიდეც დამოკიდებულია საანალიზო ნაერთის ბუნებასა და ელექტროდზე მოდებულ პოტენციპლზე.

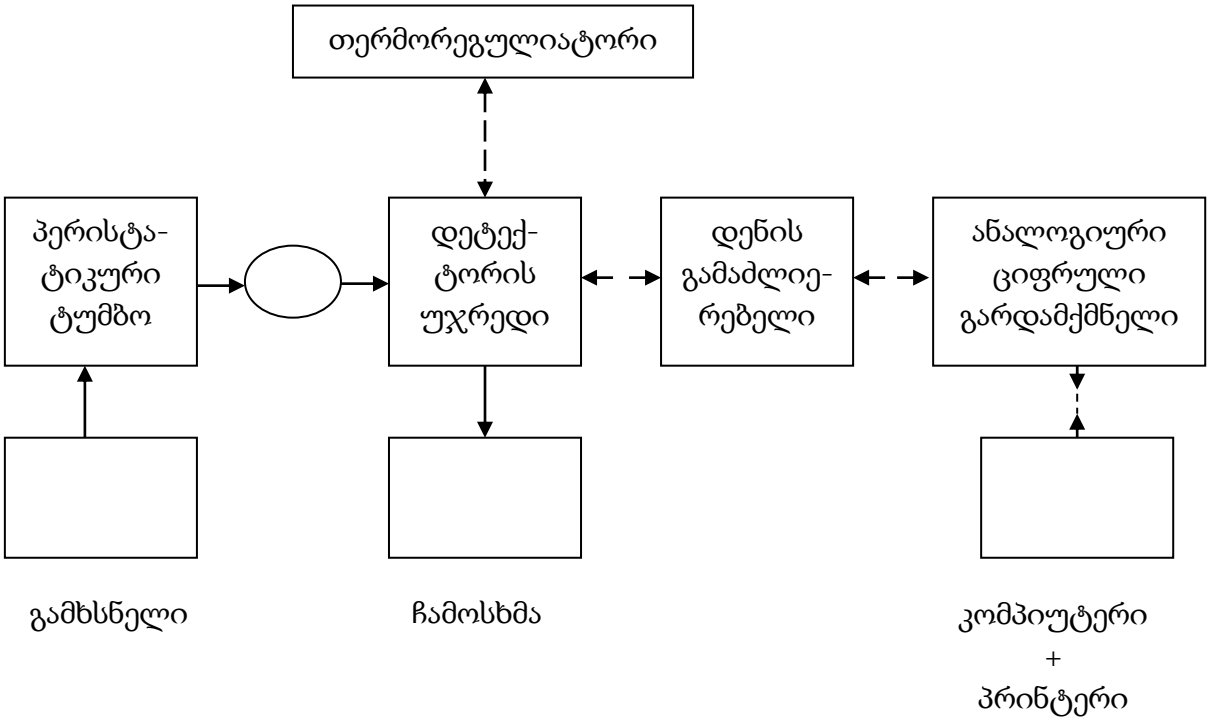
წარმოქმნილი ელექტრული დენები მეტად მცირე 10^{-6}-10^{-9} ამპერის რიგისაა, ისინი ძლიერდებიან და გარდაიქმნებიან ციფრულ სიგნალებად, რის შემდეგაც ხდება მათი რეგისტრირება კომპიუტერის დისპლეიზე, ან საჭიროების შემთხვევაში ამოიბეჭდება პრინტერზე. ცალკეული განსაზღვრის ხანგრძლივობა არ აღემატება რამდენიმე წუთს. ანალიზი მიმდინარეობს რეალურ დროში. ანალიზის სისწორე და აღწარმოება გარანტირებულია ვენტილით ზუსტი დოზირებით. ხელსაწყოში დოზირების საშუალო კვადრატული ცდომილება 0,5%-ს არ აღემატება, ხოლო საანალიზო ნიმუშების მიმდევრობით გაზომვებისას - 3%-ზე ნაკლებია. საანალიზო ნიმუშის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა იანგარიშება, როგორც ფარდობა

AOA = საანგარიშო ნიმუშის სიგნალი/სტანდარტის სიგნალი,

სადაც სტანდარტად აიღება ცნობილი ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ნაერთები, მაგალითად, კვერცეტინი, რუთინი და ა.შ.

ჩაის შროტის კონცენტრირებული თხევადი ფენოლური ბუნების ექსტრაქტის, კატექინების კომპლექსის პრეპარატის, ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას ვსაზღვრავთ შემდეგი თანმიმდევრობით:

– ვამზადებთ გამოსაკვლევი პრეპარატის 3%-იან წყალხსნარს. პარალელურად ვამზადებთ ეტალონის - კვერცეტინის 3%-იან ხსნარს გასუფთავებულ წყალში;



ნახ.5. ნაერთების ანტიოქსიდანტური აქტიურობის საანალიზო ელექტრო-ქიმიური ხელსაწყო „ცვეტიაუზა-01-აა“-ს მუშაობის პრინციპული სქემა

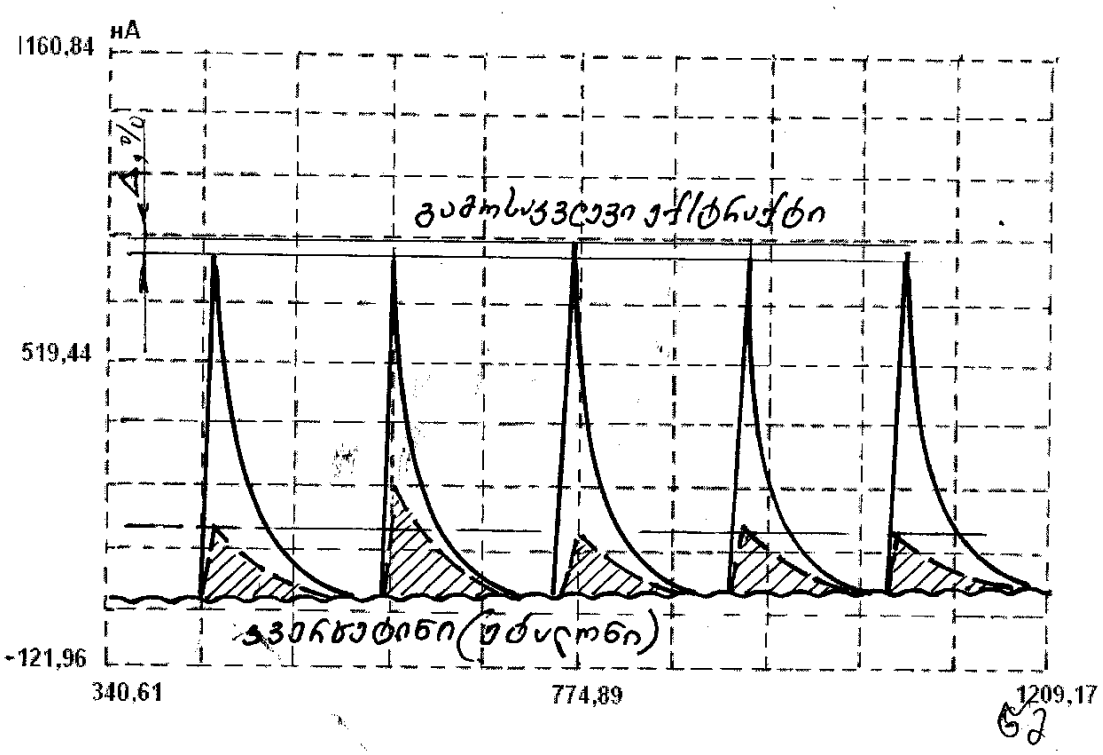
- შპრიცით მადოზირილებელ კვანძში შეგვყავს 1 მლ გამოსაკვლევი ხსნარი. ამ დროს ვენტილ-დოზატორი „ნიმუშის შერჩევა“ - მდგომარეობაშია;
- შემოვაბრუნებთ ვენტილს „ანალიზი“-ს მდგომარეობაში, რომლის დროსაც გამხსნელის ნაკადს გამოსაკვლევი ხსნარის გარკვეული ულუფა შეჰყავს დეტექტორის უჯრედში. უჯრედში ხდება მინანახშირბადის ელექტროდზე გამოსაკვლევი ნივთიერების მოლეკულების დაჟანგვა. იზრდება ელექტრული დენი ორ ელექტროდს შორის. მოდებული პოტენციალის სიდიდე ელექტროდზე მუდმივია და შეადგენს ფენოლური ანტიოქსიდანტებისათვის 800…1200 მილივოლტს. ჩვენი ცდებისათვის მივიღეთ 1000 მილივოლტი (1 ვოლტი);
- ელექტროდებზე წარმოქმნილი დენის მცირე სიგნალები ძლიერდებიან გამაძლიერებელ მოწყობილობაზე, რის შემდეგაც ხდება მათი რეგისტრირება კომპიუტერის დისპლეიზე და ამობეჭდვა პრინტერზე;
- ანალოგიურად ვაწარმოებთ ეტალონის - კვერცეტინის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის განსაზღვრას;
- ვსაზღვრავთ გამოსაკვლევი ხსნარის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას ფორმულით:

$$AOA = \frac{\text{საანგარიშო ნიმუშის სიგნალი}}{\text{სტანდარტის სიგნალი}}$$

– გამოსაკვლევი ხსნარის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა განისაზღვრება მიმდევრობით 4-5 დოზირების საშუალო არითმეტიკულით. ხუთი თანმიმდევრობით განხორციელებული დოზირების აღმწარმოებლობის ნიმუში გამოსახულია ნახ.5-ზე.

მოცემული მაგალითის მიხედვით გამოსაკვლევი ხსნარის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა შეადგენს საშუალოდ 6,5 ერთეულს (ეს მონაცემი კომპიუტერის დისპლეიზე რეგისტრირდება და საჭიროების შემთხვევაში ამოიბეჭდება პრინტერზე).

გამოსაკვლევი ხსნარების ყოველი ცალკეული ნიმუშისათვის მიღებული შედეგები მუშავდებოდა სტატისტიკურად. ამასთან, ეტალონის შემოწმება ხდებოდა ექსპერიმენტის დაწყებისას და დამთავრებისას. მათ შორის მნიშვნელოვანი სხვაობის შემთხვევაში (5 %-ზე მეტი) შესაბამისი ცდების სერია მეორდება.



ნახ. 5. ჩაის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ხუთი მიმდევრობითი დოზირების ანტიოქსიდანტური აქტიურობის აღმწარმოებლობის მაგალითი.

2.3. ექსპერიმენტის დაგეგმვა და ოპტიმიზაცია

გამოკვლევებს ვატარებდით შემდეგი სქემით:

- ექსპერიმენტის მომზადება, რომელიც ითვალისწინებს საკითხის დაყენებას, ოპტიმიზაციის პარამეტრების შერჩევას, ვარირებადი ფაქტორებისა და მათი დონეების დადგენას;
- ექსპერიმენტის დაგეგმვა, რომელიც მოიცავს დაკვირვებების საერთო რაოდენობის განსაზღვრას, ექსპერიმენტის ჩატარების წესის, რანდომიზაციის მეთოდის შერჩევას და მათემატიკური მოდელის დამუშავებას;
- ექსპერიმენტის ანალიზი, რომელიც მოიცავს შედეგების შეგროვებას, მათ მოწესრიგებას, სტატისტიკურ გამოთვლებს და შედეგების ონტერპრეტაციას;
- ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნა, რომელიც ითვალისწინებს ოპტიმიზაციის მეთოდის შერჩევას, ოპტიმალური გადაწყვეტილების მისაღებად მათემატიკური მოდელის რეალიზაციას და ოპტიმალური გადაწყვეტის ანალიზს.

გამოსაკვლევი ექსტრაქტების ყოველი ცალკეული ნიმუშისათვის მიღებული შედეგები დამუშავდება სტატისტიკურად [221]. ამასთან, ეტალონის შემოწმება მოხდება ექსპერიმენტის დაწყებისას და დამთავრებისას. მათ შორის არსებითი სხვაობის შემთხვევაში შესაბამისი ცდების სერია მეორდება. ოპტიმალური რეჟიმების დასადგენად გამოვიყენებთ ექსპერიმენტის დაგეგმვის მათემატიკურ მეთოდებს, კერძოდ, ცენტრალური კომპოზიციური როტატაბელური დაგეგმვის მატრიცას, რომელიც კარგად ესადაგება აღნიშნული ხასიათის ტექნოლოგიურ პროცესებს,. ოპტიმიზაციის პარამეტრებად ვღებულობთ ერთეული ნედლეულიდან (ჩაის ფოთლიდან) ექსტრაქტული ნივთიერებებისა და კატექინების კომპლექსის გამოსავლიანობას, პრეპარატის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას და ერთეული ნედლეულის (1ტონა) გადამუშავებაზე დახარჯულ ენერგიას. ოპტიმალური გადაწყვეტილებების მისაღებად ვიყენებთ ლაგრანჟის განუსაზღვრელ მამრავლთა კლასიკურ მეთოდს.მეთოდური საკითხები მოცემულია ვ. ხვედელიძის ნაშრომში [219].

3. ჩაის შროტიდან ფენოლური ბუნების ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ექსტრაქციის ლაბორატორიული გამოკვლევა

3.1. ჩაის ნედლეულისა და მისი შროტის ქიმიურიშედგენილობის გამოკვლევა

ჩაის ნედლეულის ხარისხის გავლენა გამომუშავებული ჩაის პროდუქციის ხარისხობრივ მახასიათებლებზე საკმაოდ სრულად არის შესწავლილი. ლიტერატურული მონაცემები თვალნათლივ გვიჩვენებენ, რომ რაც უფრო ნაზია ფოთოლი, მით მეტია მასში ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები და მაღალია ნედლეულის ტექნოლოგიური ღირებულება.

ჩვენ შევისწავლეთ ჩაის სამეურნეო ნედლეულისა და მის შროტში ექტსრაქტული წყალხსნადი ნივთიერებების, ფენოლური ნაერთებისა და ჯამური კატექინების შემცველობა და მათი ცვალებადობის დინამიკა ნედლეულში ნაზი, მოუხეშო და უხეში ფრაქციების ხვედრითი წილის გავლენით. შესადარებლად კი გამოვიკვლიეთ იგივე ნედლეულიდან გამორჩეული ერთ–და ორფოთლიანი ნაზი ყლორტების შემცველი ნედლეულის ანალოგიური მახასიათებლები. ამ შემთხვევაში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი პირობითად 100%–ს შეადგენს (ცხრ.3).

ნ. ორაგველიძეს თავის ნაშრომში [31] მოჰყავს ჩაის სამეურნეო ნედლეულის მექანიკური შედგენილობის მრავალწლიანი მონაცემები ჩაის პირველადი გადამუშავების რამდენიმე ფაბრიკისათვის. აღნიშნული მასალის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ჩაის სამეურნეო ნედლეულში ნაზ, მოუხეშო და უხეში ფრაქციების შემცველობას შორის არსებობს გარკვეული დამოკიდებულება. მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდების გამოყენებით 90%–იანი უტყუარობით მივიღეთ ამ დამ ოკიდებულების ამსახველი გამოსახულებები: თუ სამეურნეო ნედლეულში ნაზი ფრაქციის წილი შეადგენს H %–ს, მაშინ მოუხეშო ფრაქციის რაოდენობა ამ ნედლეულში იქნება (80-0,8H)%, ხოლო უხეში ფრაქციის – (20-0,2H)%.

ცხრილი 3.

ჩაის სამეურნეო ნედლეულისა და მისი შროტის ქიმიურ შედგენილობა,

% მშრალ მასაზე გადაანგარიშებით (სტატისტიკურად დამუშავებულია ჩვენს მიერ)

ნაზი ფრაქციის წილი ჩაის ნედლეულში H,%	ჩაის საწყისი ნედლეული			ჩაის შროტი		
	ექსტრაქტული ნივთიერებები $Э_м$, %	ფენოლური ნაერთები $Ф_м$, %	კატექინების ჯამი $К_м$, %	ექსტრაქტული ნივთიერებები $Э_ш$, %	ფენოლური ნაერთები $Ф_ш$, %	კატექინების ჯამი $К_ш$, %
21,10	33,6±1,88	15,0±0,40	7,43±0,21	27,8±1,15	14,5±0,6	6,67±0,18
38,02	35,6±1,77	16,9±0,37	8,19±0,33	31,1±1,49	16,1±0,60	7,30±0,35
40,50	37,9±1,91	18,6±0,59	8,80±0,42	31,6±1,95	17,2±0,55	8,50±0,49
43,80	39,0±2,00	18,7±0,62	9,62±0,58	32,3±1,80	17,6±0,45	9,30±0,60
76,00	41,0 ±2,00	20,9±0,73	11,24±0,66	34,1±2,00	19,3±0,90	9,87±0,71
83,50	44,0±1,95	22,1±0,79	12,10±0,67	36,7±1,95	20,1±0,95	10,54±0,75
100	45,8±1,85	22,4±0,91	13,61±0,98	38,3±2,05	20,9±0,90	12,97±1,05

ექსპერიმენტული გამოკვლევების შედეგების (ცხრ.3.) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ჩაის ნედლეულის მექანიკური შედგენილობის გაუარესება იწვევს ექსტრაქტული ნივთიერებების, ფენოლური ნაერთებისა და ჯამური კატექინების შემცირებას როგორც საწყის ნედლეულში, ისე მის შროტში. აქ მნიშვნელოვანია არა მარტო აღნიშნული ნივთიერებების რაოდენობების ცვალებადობა ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილის გავლენით, არამედ ამ ცვალებადობის ხასიათიც. ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე საშუალოების მეთოდით მ.ბახტაძემ (თანაავტორებთან) მიიღო შემდეგი საანგარიშო წრფივი ემპირიული განტოლებები [220]:

ექსტრაქტული ნივთიერებებისათვის:

– საწყისი ნედლეული $Э_{ჩაი} = 31,4 + 0,15\ H;\ [\%]$ (1)

– ჩაის შროტი $Э_{შროტი} = 26,1 + 0,12\ H;\ [\%]$ (2)

მაქსიმალური ფარდობითი ცდომილება ექსპერიმენტულ მონაცემებსა და (1) და (2) ფორმულებით მიღებულ შედეგებს შორის არ აღემატება $3 \cdots 4\%$–ს.

ფენოლური ნაერთებისათვის:

– საწყისი ნედლეული $Ф_{ჩაი} = 13,6 + 0,1\ H;\ [\%]$ (3)

– ჩაის შროტი $Ф_{შროტი} = 13,2 + 0,08\ H;\ [\%]$ (4)

მაქსიმალური ფარდობითი ცდომილება ექსპერიმენტულ მონაცემებსა და (3) და (4) ფორმულებით მიღებულ შედეგებს შორის არ აღემატება $5\cdots6\%$–ს, რაც სავსებით დასაშვებია.

კატექინების კომპლექსის ჯამური რაოდენობისათვის:

– საწყისი ნედლეული $K_{ჩაი} = 5,3 + 0,08\ H;\ [\%]$ (5)

– ჩაის შროტი $K_{შროტი} = 5,0 + 0,075\ H;\ [\%]$ (6)

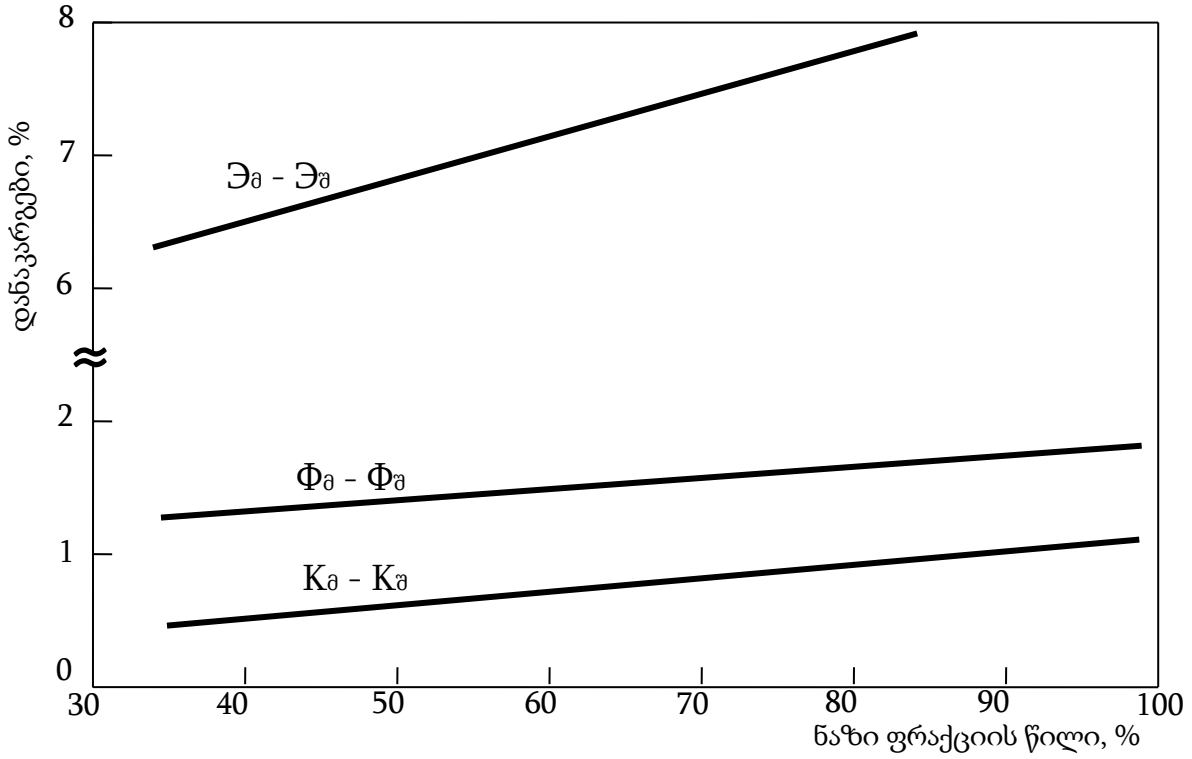
მაქსიმალური ფარდობითი ცდომილება ექსპერიმენტულ მონაცემებსა და (5) და (6) ფორმულებით მიღებულ შედეგებს შორის აქ შედარებით მაღალია და შეადგენს საწყისი ნედლეულისათვის 7...8%–ს, ხოლო ჩაის შროტისათვის 11...12%-ს. აღნიშნული გარემოება გასაგებია, ვინაიდან თავად კატექინების რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდი იძლევა მნიშვნელოვან (5...6%–იან) ცდომილებას.

აღნიშნულ დამოკიდებულებებს (1-6) შემდგომში გამოვიყენებთ ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავებისა და შედეგების ინტერპრეტირებისას.

ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები გვიჩვენებენ, რომ ჩაის ნედლეულის ორგანული გამხსნელით ექსტრაქციის პროცესში ადგილი აქვს როგრც ექსტრაქტული წყალხსნადი ნივთიერებების საერთო რაოდენობის შემცირებას, ასევე ფენოლური ნაერთებისა და კატექინების ჯამური რაოდენობის შემცირების ტენდენციას. ამასთან, ჩაის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილის გავლენით ორგანული გამხსნელით ექტსრაქციისას ექსტრაქტული წყალხსნადი ფრაქციის დანაკარგები იზრდება და 6-9%–ის ფარგლებშია (საწყის რაოდენობასთან შედარებით), ისევე, როგორც ჯამური კატექინების დანაკარგები (0,5-1%) და ჯამური ფენოლური ნაერთების დანაკარგები (1-2 %) . გრაფიკულად ნედლეულიდან შროტში ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების დანაკარგების დინამიკა ჩაის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილის გავლენით მოცემულია ნახ.6–ზე.

შესრულებული ექსპერიმენტული გამოკვლევებისა და ჩაის სამეურნეო ნედლეულის ფრაქციული შედგენილობის მრავალწლიური მონაცემების სტატისტიკური

დამუშავების შედეგების ანალიზი გვაძლევს ჩაის ნებისმიერი ნედლეულიდან და მისგან ორგანული გამხსნელით ექსტრაჰირებული შროტიდან ექსტრაქტული წყალ-ხსნადი ნივთიერებების, ფენოლური ნაერთებისა და ჯამური კატექინების შესაძლო გამოსავლიანობის პროგნოზირების საშუალებას.



ნახ. 6. ჩაის ფოთლის ორგანული გამხსნელით ექსტრაჰირებისას ექსტრაქტული ნივთიერებების ($\Delta Э$), ფენოლური ნაერთების ($\Delta \Phi$) და ჯამური კატეხინების (ΔK) ფარდობითი დანაკარგების დინამიკა

3.2. ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგები

3.2.1. ექსტრაქციის ხანგრძლივობის გავლენა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე

ლაბორატორიულ პირობებში 4 %-მდე გამშრალ ჩაის შროტს ვუტარებდით ექვს საფეხურიან ექსტრაქციას წყლით, თითოეული საფეხურის ხანგრძლივობით 10

წთ. ყოველ საფეხურზე დაცული იყო მასური თანაფარდობა – წყალი/შროტი 3:1. ექსტრაქციის ტემპერატურა შეადგენდა 70±5 ^0C –ს. ექსტრაქციას ექვემდებარებოდა შროტი ჩაის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის სხვადასხვა შემცველობით. თითოეული საფეხურის შემდეგ ვსაზღვრავდით ექსტრაქტული ნივთიერებების, ფენოლური ნაერთებისა და ჯამური კატექინების რაოდენობებს. ექსპერიმენტის შედეგები მოყვანილია ცხრ.4–ში.

ცხრილი 4.

ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობის დამოკიდებულება ექსტრაქციის ხანგრძლივობაზე ($H_1 = 85\%$)

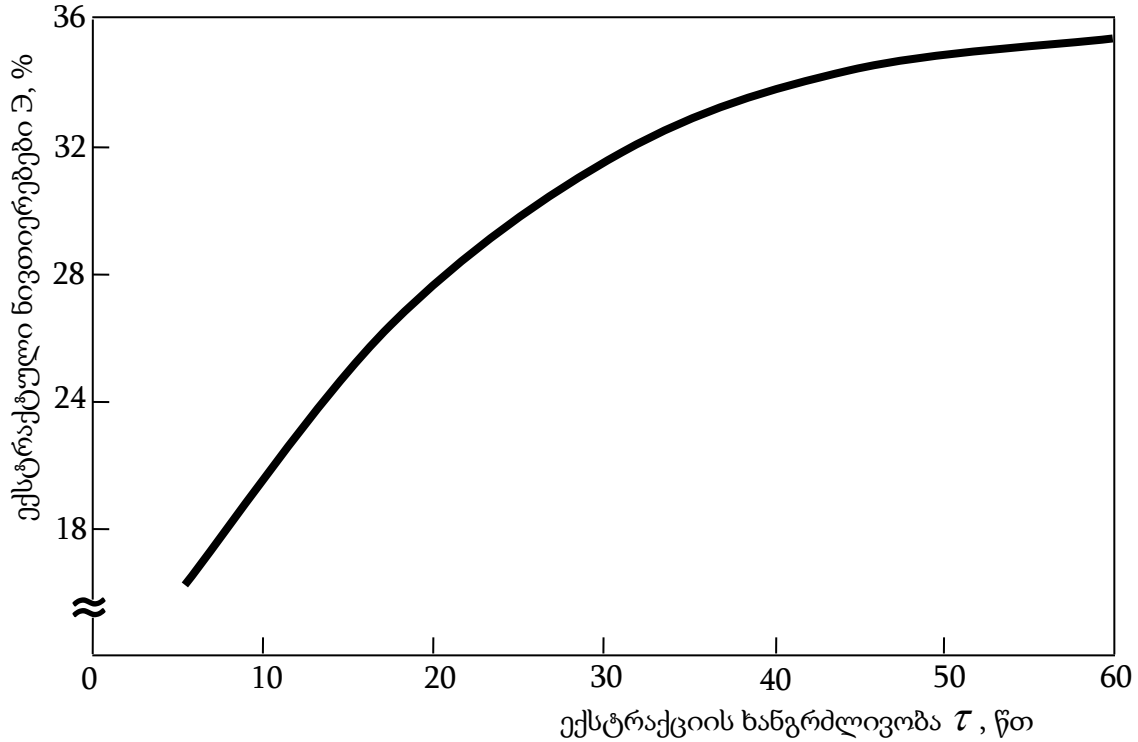
ექსტრაქციის საფეხურები	ექსტრაქციის ხანგრძლივობა τ, წთ	ექსტრაქტული ნივთიერებები, $Э_1$,%	ფენოლური ნაერთები, Φ_1,%	კატექინების ჯამი, K_1,%
I	10	23,5	9,8	2,0
II	20	29,4	15,4	7,1
III	30	32,1	17,3	8,8
IV	40	33,4	18,2	9,6
V	50	34,2	18,8	10,2
VI	60	34,8	19,1	10,5

ჩაის შროტიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების წყლით ექსტრაქციის ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგები და მათი გრაფიკული ინტერპრეტაცია საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ შემდეგი მნიშვნელოვანი დასკვნები:

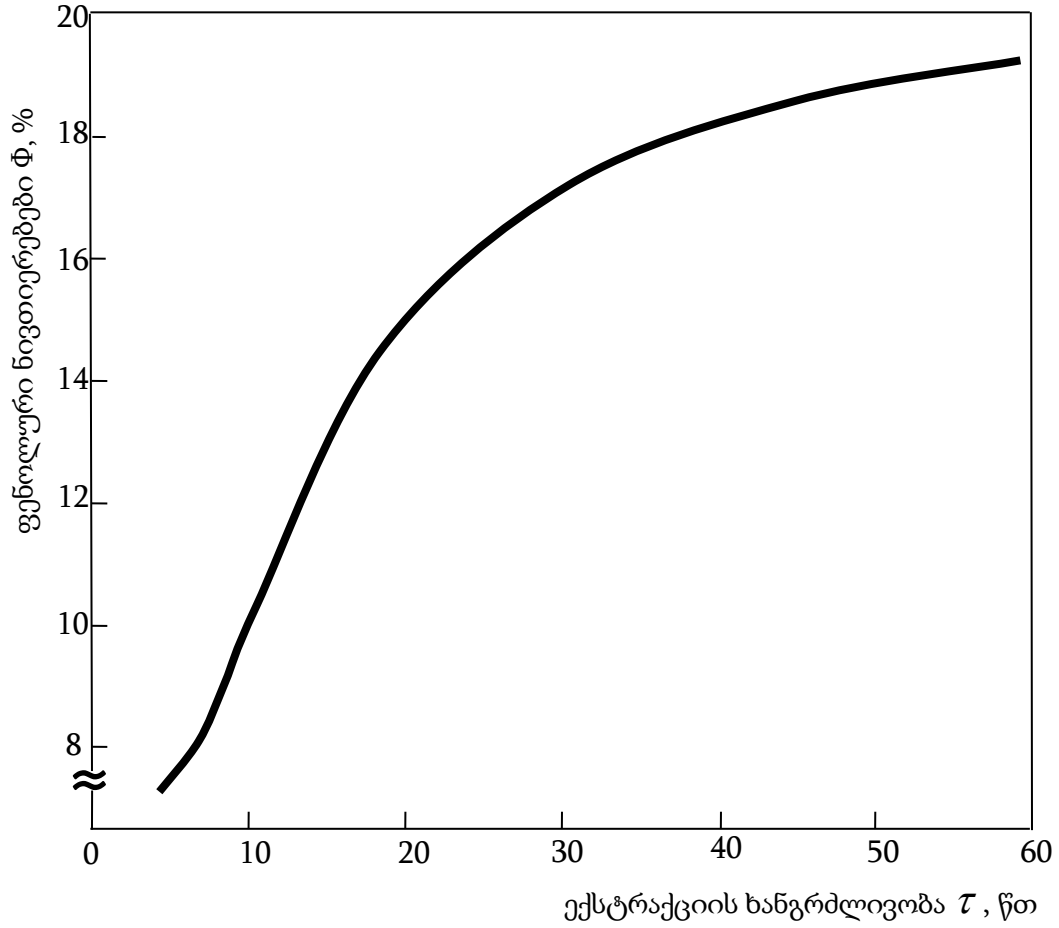
– ექსტრაქციის პროცესის ხანგრძლივობის გაზრდით იზრდება, როგორც ექსტრაქტული ნივთიერებების (ნახ.7), ისე ფენოლური ნაერთების (ნახ.8) გამოსავლიანობა, მაგრამ ზრდის ტემპი განსაკუთრებით მაღალია ექსტრაქციის პირველი 30 წუთის განმავლობაში. 60 წუთიანი ექსტრაქციის შემდეგ აღნიშნული ნივთიერებების გამოსავლიანობის ზრდას პრაქტიკულად ადგილი აღარ აქვს. ეს, განსაკუთრებით, შედარებით დაბალი ხარისხის საწყისი ნედლეულის შროტს ეხება;

– ექსტრაქციის პროცესის ხანგრძლივობის გაზრდით, როგორც მოსალოდნელი იყო, ჯამური კატექინების გამოსავლიანობა იზრდება (ნახ.9). შესაბამისად იზრდება ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა (ნახ.10). ამასთან, თუ ჯამური კატექინების გამოსავლიანობას 60 წუთიანი ექსტრაქციის შემდეგ კიდევ აქვს ზრდის ტენდენცია, ანტიოქსიდანტური აქტიურობა იზრდება პირველი 20...25 წუთის განმავლობაში, რის შემდეგად პრაქტიკულად მუდმივი რჩება;

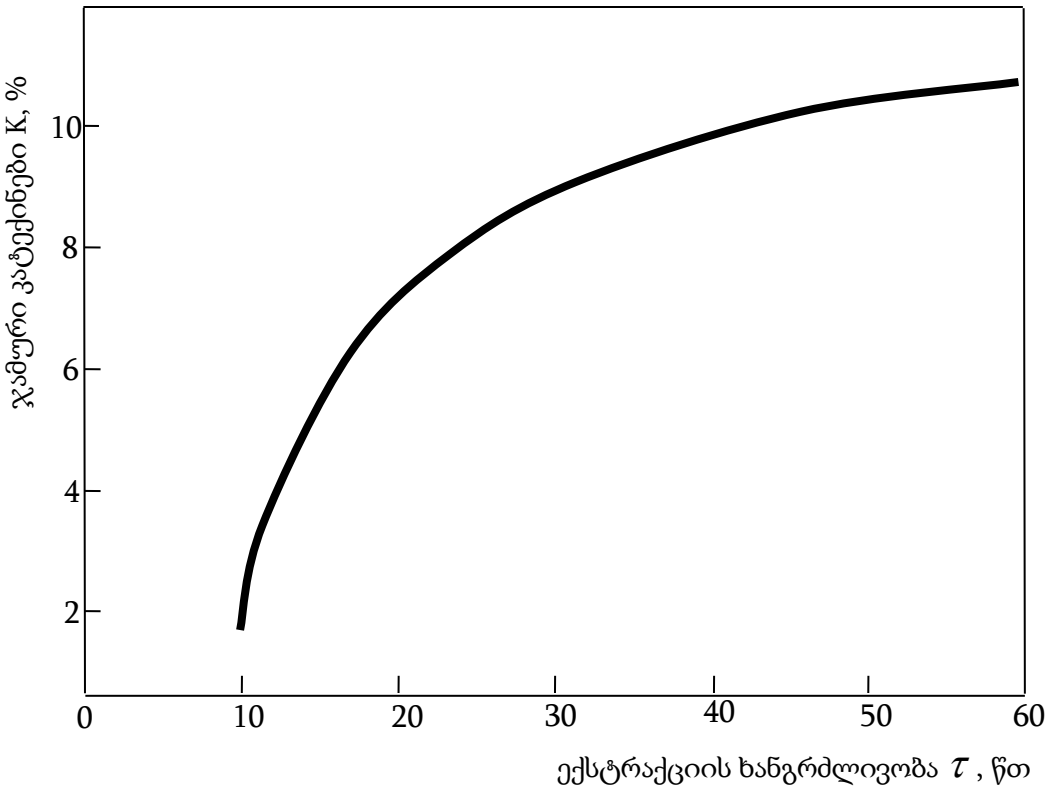
– საწარმოო ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და რეალიზაციის დროს ექსტრაქციის პროცესის ხანგრძლივობისათვის ნულოვან დონედ მიზანშეწონილია ავიღოთ 60 წუთი, ხოლო ვარირების ინტერვალად – 10 წუთი. აღნიშნულ დიაპაზონში როტატაბელური დაგეგმვის მატრიცის რეალიზაციის შემთხვევაში (ხანგრძლივობის სრული ინტერვალი სეადგენს 40-80 წთ) შესაძლებელია მოიძებნოს როგორც ექსტრაქტულ ნივთიერებების, ფენოლური ნაერთების, ჯამური კატეხინების გამოსავლიანობის, ასევე ანტიოქსიდანტური აქტიურობის და პროცესზე გაწეული ენერგოდანახარჯების შესაძლო ოპტიმალური მნიშვნელობები.



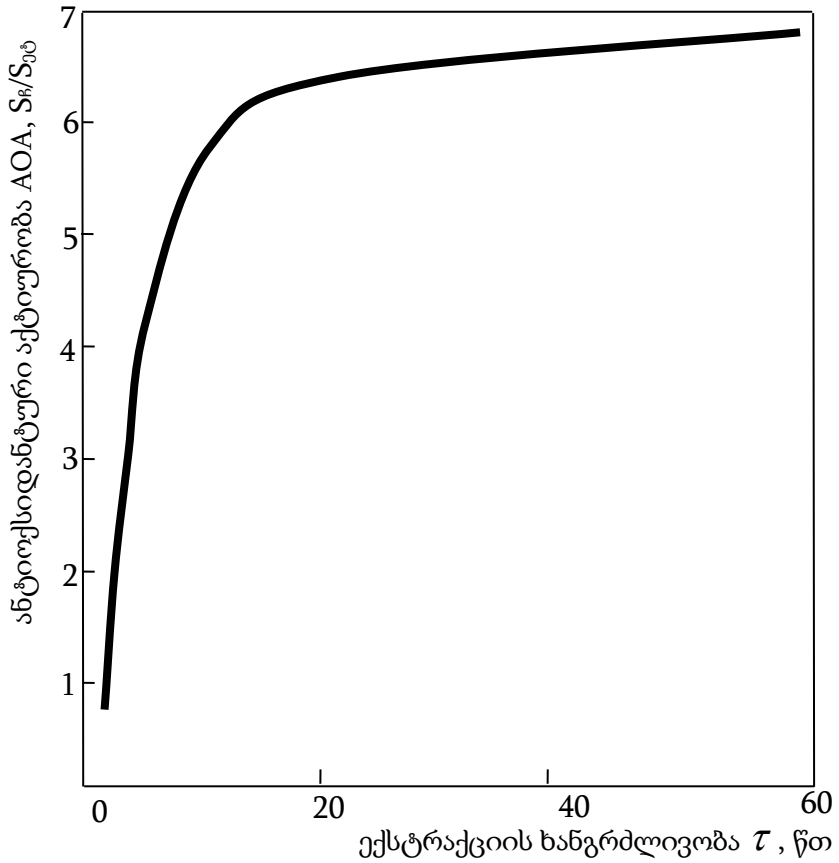
ნახ.7. ჩაის შროტიდან ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობის დინამიკა



ნახ.8. ჩაის შროტიდან ფენოლური ნაერთების გამოსავლიანობის დინამიკა



ნახ.9. ჩაის შროტიდან ჯამური კატექინების გამოსავლიანობის დინამიკა



ნახ.10. ჩაის შროტის ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტური აქტივობის ცვალებადობის დინამიკა (3%-იანი ექსტრაქციისათვის)

3.2.2. ექსტრაქციის ტემპერატურის გავლენა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე

გამომშრალ ჩაის შროტს ექსტრაქციას ვუტარებდით 60 წუთის განმავლობაში, როცა მასური თანაფარდობა შროტსა და წყალს შორის შეადგენდა 1:8–ს ექსტრაგენტის ტემპერატურას ვცვლიდით 50–დან 95 ^0C –მდე დიაპაზონში. ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია ცხრ.5–ში და 6–ში.

წინასწარ შევისწავლეთ ჩაის შროტის წყლით ექსტრაქციის ტემპერატურის გავლენა ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობაზე, როდესაც ექსტრაქციას სხვადასხვა ხერხით ვაწარმოვებდით. კერძოდ, ერთმანეთს ვადარებდით შროტის სტატიკურ, დაყენებით (მაცერაციით) ექტსრაქციისა და დინამიკურ, პერიოდული არევით

სხვადასხვა ტემპერატურაზე ექსტრაქციის პროცესებს. ექსპერიმენტის შედეგები გრაფიკულად ნაჩვენებია ნახ.11–ზე.

ცხრილი 5

ექსტრაქციის ტემპერატურის გავლენა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე

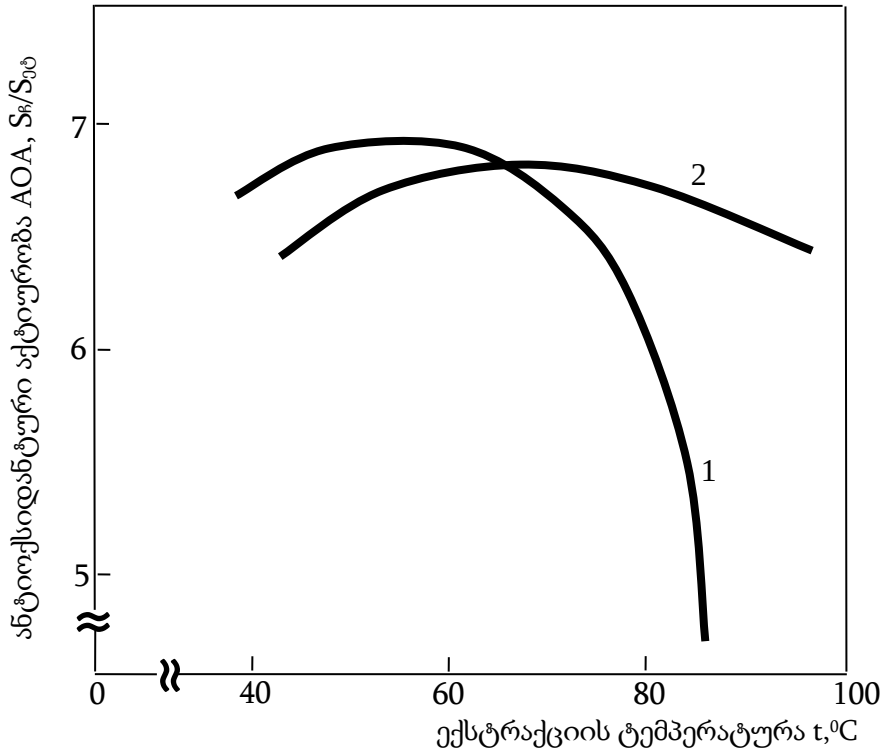
ექსტრაქციის ტემპერატურა, $t, ^0C$	ექსტრაქტული ნივთიერებები, $Э_1$,%	ფენოლური ნაერთები, $Ф_1$,%	კატექინების ჯამი, K_1,%
50	30,1	16,30	8,76
60	31,4	17,25	9,27
70	32,6	17,90	9,60
80	33,5	18,40	9,89
90	34,5	18,75	10,08
95	35,1	18,95	10,19

ცხრილი 6

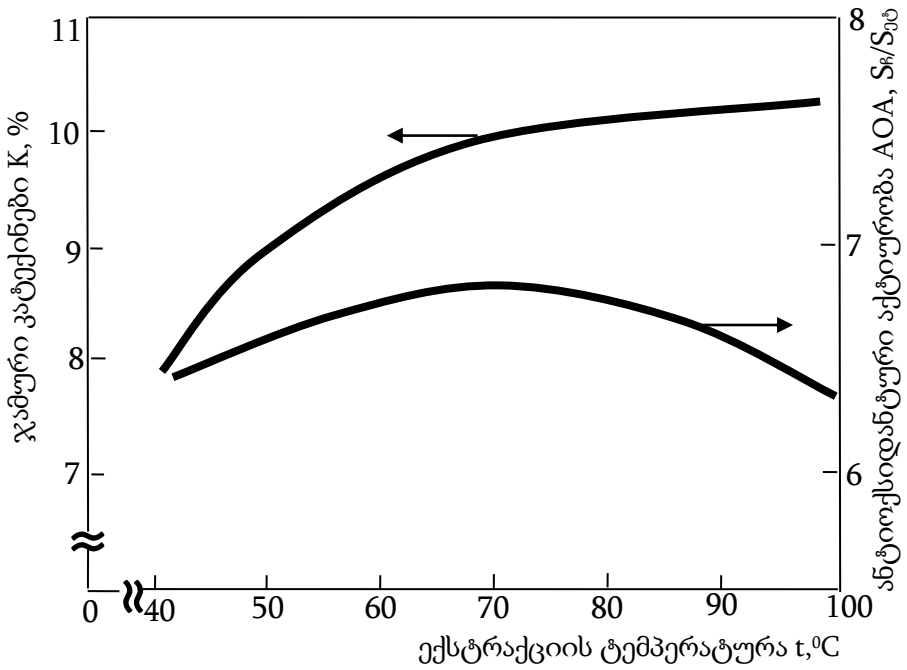
სხვადასხვა ხერხით ექსტრაქციის ტემპერატურის გავლენა ანტიოქსიდანტურ აქტიურობაზე, როცა საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის წილია 85% (3%-იანი ექსტრაქტისათვის)

ექსტრაქციის ხერხი	ანტიოქსიდანტური აქტიურობა AOA $S_щ/S_{дт}$, როცა ექსტრაქციის ტემპერატურა t^0C					
	50	60	70	80	90	95
მაცერაცია	6,75	6,90	6,75	6,00	4,75	4,25
პერიოდული არევა	6,60	6,75	6,75	6,70	6,50	6,40

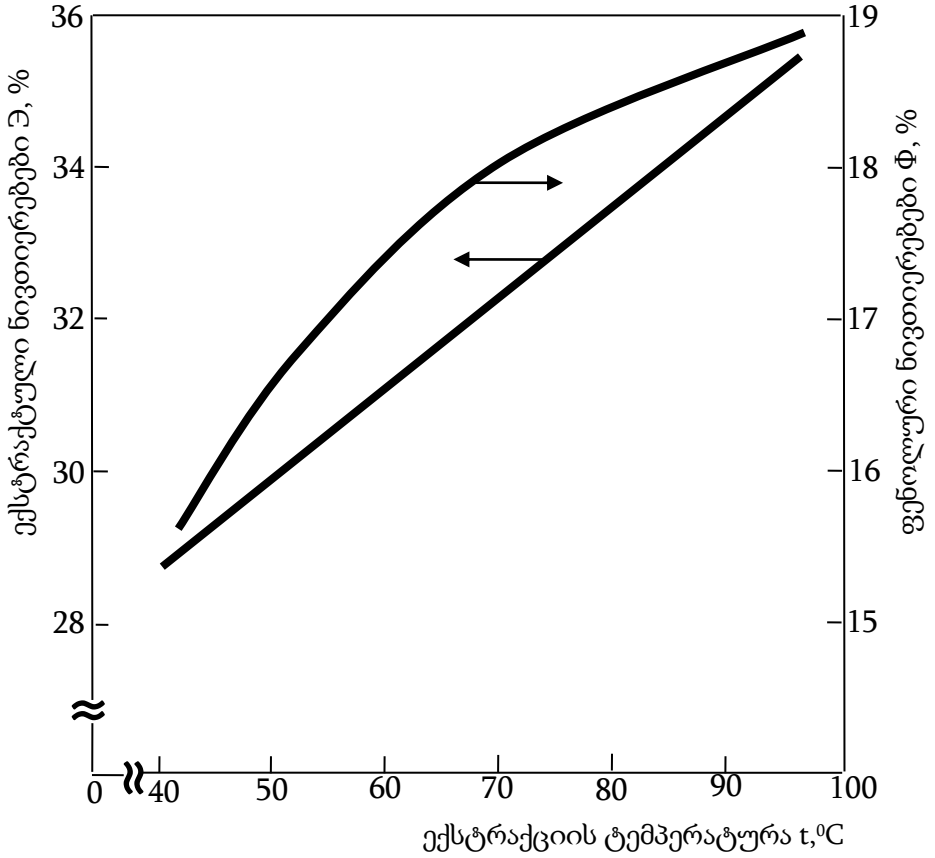
ნაჩვენებია, რომ სტატიკური ექსტრაქციის დროს ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა ტემპერატურის გაზრდით ეცემა და უკვე 80^0C –ზე 6–ს არ აღემატება (როცა ნაზი ფრაქციის წილი საწყის ნედლეულში შეადგენს 85%–ს). ამასთან გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ დაბალ 50-60^0C ტემპერატურაზე მართალია ანტიოქსიდანტური აქტიურობა მაღალია, მაგრამ მნიშვნელოვნად დაბალია ექსტრაქტული ნივთიერებების, კატექინებისა და საერთოდ ფენოლური ნაერთების გამოსავლიანობა.



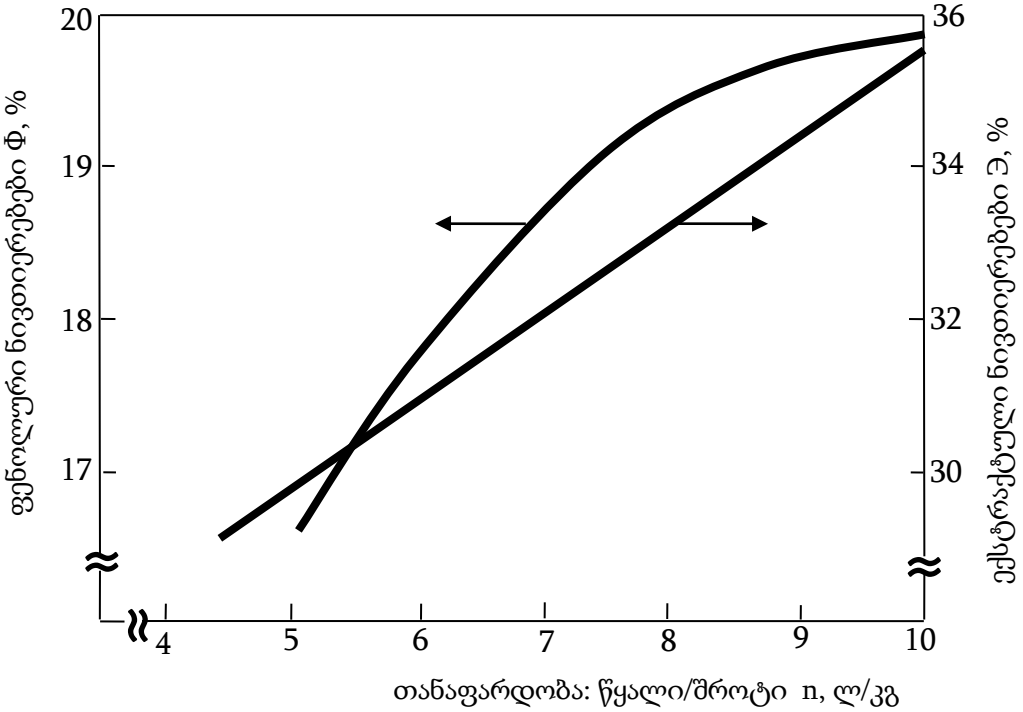
ნახ.11. ექტრაქციის ტემპერატურის გავლენა ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობაზე: 1 - მაცერაციით; 2 - არევით.



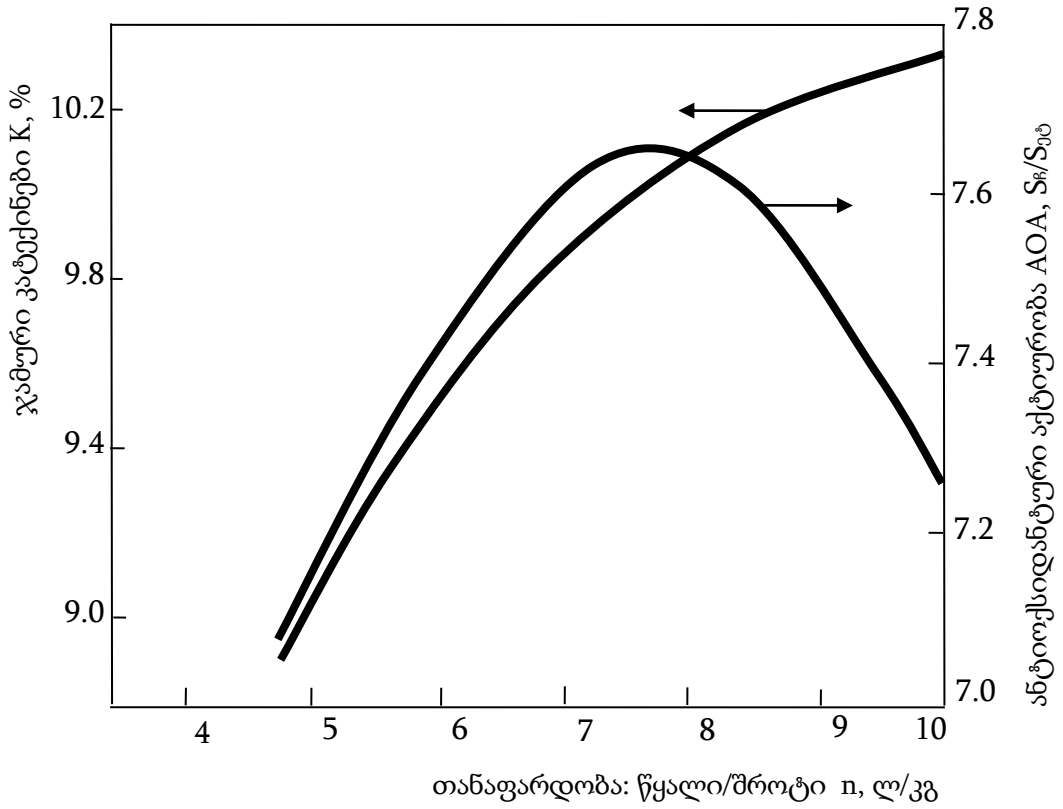
ნახ.12. ექტრაქციის ტემპერატურის გავლენა კატექინების გამოსავლიანობასა და ანტიოქსიდანტურ აქტიურობაზე



ნახ.13. ექტრაქტული ნივთიერებებისა და ფენოლური ნაერთების გამოსავლიანობის დამოკიდებულება ექსტრაქციის ტემპერატურაზე



ნახ.14. ექტრაქტული ნივთიერებებისა და ფენოლური ნაერთების გამოსავლიანობის გრაფიკები წყლისა და შროტის მასური თანაფარდობის მიხედვით (H=85%)



ნახ.15. ჯამური კატექინებისა და ანტიოქსიდანტური აქტიურობის გრაფიკები თანაფარდობის წყალი/ შროტი მიხედვით (H=85%)

დინამიკური, არევით ექსტრაქციის პირობებში ანტიოქსიდანტური აქტიურობა ტემპერატურის ზრდით განხილულ დიაპაზონში არ იცვლება, თუმცა აქვს შემცირების ტენდენცია, რომელიც კატექინების გამოსავლიანობის ზრდის ტენდენციაზე გავლენას ვერ ახდენს (ნახ.12).

ექსტრაქციის ტემპერატურის გაზრდით, როგორც ექსპერიმენტის შედეგებიდან ჩანს, იზრდება ჯამური კატექინების რაოდენობა მიუხედავად საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის შემცველობისა. რაც შეეხება ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას, მას საწყისი ნედლეულის ხარისხის მიხედვით მაქსიმალური მნიშვნელობა აქვს 60...70^0C ტემპერატურაზე მაცერაციით ექსტრაქციისას და 60...80^0C–ზე პერიოდული არევის პირობებში ექსტრაქციისას (ნახ.11).

ექსტრაქციის ტემპერატურის გაზრდით, როგორც მოსალოდნელი იყო, იზრდება ექსტრაქტული ნივთიერებებისა და ფენოლური ნაერთების საერთო გამოსავლიანობა (ნახ.13). ამასთან, რაც მეტია ჩაის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი, მით მეტია აღნიშნული ნაერთების გამოსავლიანობაც.

ამრიგად, ჩაის შროტის წყლით ექსტრაქციის ტექნოლოგიის დამუშავებისას მისაღებია ექსტრაქციის დინამიკური ხერხი საექსტრაქციო მასის პერიოდული არევის გზით. საწარმოო ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და რეალიზაციის დროს ექსტრაქციის ტემპერატურის ნულოვან დონედ უნდა მივიღოთ 70^0C, ხოლო ვარირების ინტერვალად – 10^0C, რაც მეორე ხარისხის ცენტრალური კომპოზიციური როტატაბელური ოთხფაქტორიანი დაგეგმვის მატრიცის რეალიზაციის შემთხვევაში მოიცავს 50–დან 90^0C–მდე ტემპერატურების დიაპაზონს, რომელიც სავსებით მისაღებია საწარმოო ექსპერიმენტის პირობებში ოპტიმალური ტემპერატურის საძიებლად.

3.2.3. ჩაის შროტისა და წყლის თანაფარდობის გავლენა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე

გამომშრალ ჩაის შროტს ექსტრაქციას ვუტარებდით 60 წუთის განმავლობაში 70^0C ტემპერატურაზე, ხოლო თანაფარდობას «წყალი/ჩაის შროტი» ვცვლიდით 5–დან 10–მდე. ექსპერიმენტისათვის გამოვიყენეთ მხოლოდ ერთი სახის ჩაის შროტი, რომლის საწყისი ნედლეულიც შეიცავდა 85% ნაზ ფრაქციას. ექსპერიმენტის შედეგები მოყვანილია ცხრ.7–ში.

ცხრილი7

ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობის დამოკიდებულება ექსტრაქციისას წყლისა და შროტის თანაფარდობაზე

თანაფარდობა: წყალი/შროტი *n*, ლ/კგ	ექსტრაქტული ნივთიერებები *Э* ,%	ფენოლური ნაერთები, *Ф*,%	კატექინების ჯამი *К*,%	ანტიოქსიდანტ. აქტიურობა *АОА*, $S_{ჩაი}/S_{ეტალონი}$
5	30,5	17,00	8,80	7,13
6	31,6	18,00	9,32	7,46
7	32,7	18,80	9,73	7,59
8	33,8	19,30	10,04	7,63
9	34,8	19,60	10,25	7,48
10	35,5	19,80	10,03	7,25

ექსპერიმენტის შედეგები გვიჩვენებენ, რომ წყლისა და ჩაის შროტის მასური თანაფარდობის ზრდა, როგორც მოსალოდნელი იყო, იწვევს ექსტრაქტული ნივთიერებებისა და ფენოლური ნაერთების საერთო გამოსავლიანობის ზრდას საკმაოდ დიდ დიაპაზონში (ნახ.14). ამასთან, ფენოლური ნაერთების გამოსავლიანობის მრუდის ხასიათი გვაფიქრებინებს, რომ მაქსიმუმი ახლოა ექსპერიმენტის ზედა ზღვართან.

თანაფარდობა «წყალი/შროტი»–ს გაზრდით იზრდება ჯამური კატექინების გამოსავლიანობაც, თუმცა ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას აქვს ექსტრემალური (მაქსიმალური) წერტილი, რომელიც უნდა ვეძებოთ 6,5...8,5 ლ/კგ დიაპაზონში. (ნახ.15).

უკვე აღვნიშნეთ, რომ ექსპერიმენტი ჩავატარეთ ჩაის შროტზე, რომლის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი 85%–ს შეადგენდა. როგორც წინა პარაგრაფებში მოყვანილი კვლევების შედეგები მოწმობენ, ექსტრაქტული ნივთიერებების, ფენოლური ნაერთებისა და ჯამური კატექინების გამოსავლიანობის ცვალებადობის ხასიათი შესაძლებელია განვავრცოთ ნებისმიერი ხარისხის ჩაის საწყისი ნედლეულის შროტზე თუ გამოვიყენებთ (2), (4) და (6) განტოლებებს. ასე, მაგალითად, თუ საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი (H) 50%–ს შეადგენს, მაშინ (2) განტოლება გვაძლევს $Э_{50} = 32{,}1\%$ (შესაძლო მაქსიმალური გამოსავლიანობა); (4) განტოლლება გვაძლევს $Ф_{50} = 17{,}4\%$ (ფენოლური ნაერთების შესაძლო მაქსიმალური გამოსავლიანობა); (6) განტოლება გვაძლევს $К_{50} = 8{,}75\%$ (ჯამური კატექინების შესაძლო მაქსიმალური გამოსავლიანობა).

ამრიგად, ჩაის შროტის წყლით ექსტრაქციის პროცესში თანაფარდობა «წყალი შროტი»–ს ნულოვანი დონე, როგორც ექსპერიმენტული მონაცემებიდან ჩანს, უნდა იყოს $n_0 = 7{,}5$ ლ/კგ. თუ ამ შემთხვევაში ვარირების ინტერვალად მივიღებთ 1,0 ლ/კგ–ს, მაშინ მეორე რიგის როტატაბელური დაგეგმვის მატრიცის რეალიზაციის შემთხვევაში თანაფარდობა «წყალი/შროტი» განიხილება 5,5...9,5 ლ/კგ ფარგლებში და მთლიანად მოიცავს ყველა შესასძლო სიტუაციას.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ მცდელობა მინიმუმამდე დავიყვანოთ n–ის მნიშვნელობა გამართლებულია იმ მოსაზრებითაც, რომ შემდგომში ექსტრაქტი საჭიროებს დაკონცენტრირებას, მნიშვნელოვანი რაოდენობით ტენის აორთქლებას, რაც მნიშვნელოვან ენერგოდანახარჯებთანაა დაკავშირებული.

3.2.4. საექსტრაქციო მასის პულსაციის გავლენა ჩაის შროტიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე

ცნობილია, რომ პერიოდული მეთოდით ექსტრაქციის დროს გარე წინაღობა ხშირად მნიშვნელოვნად მოქმედებს პროცესის სიჩქარეზე. გარე წინაღობის დაძლევის უმარტივეს გზას ექსტრაქციის პროცესში საექსტრაქციო მასის პერიოდული არევა წარმოადგენს. მაგრამ ეს ყოველთვის არ არის შესაძლებელი. მცენარეული ნედლეულის საექსტრაქციო პერიოდული ქმედების ექსტრაქტორების უმეტესობა არ არის აღჭურვილი ამრევი მოწყობილობებით, ხშირ შემთხვევაში კი ექსტრაქციის პროცესში მასის არევა შეუძლებელიც კია.

ჩაის შროტის საექსტრაქციო დანადგარში შემრევი მოწყობილობა გათვალისწინებული არ არის, მაგრამ გათვალისწინებულია საექსტრაქციო მასის პულსაციის შესაძლებლობა.

გარე წინაღობის შემცირებისა და ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაციის მიზნით შევისწავლეთ ექსტრაქციის პროცესში საექსტრაქციო მასის პულსაციის (რხევების) გამოყენების შესაძლებლობის საკითხი. ვიყენებდით რხევებს სიხშირით 1,5...6,0 $^{-1}$, როცა რხევის ამპლიტუდა იყო 1 მმ. უფრო დიდი ამპლიტუდის შემთხვევაში შედეგები შედარებით დაბალია და, ამავდროულად, ფერხდება საექსტრაქციო დანადგარის უსაფრთხო და გამართული მუშაობა.

ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია ცხრ.8–ში. ამ დროს ექსტრაქციის პროცესზე მოქმედი სხვა, ადრე განხილული ფაქტორები დაფიქსირებული იყვნენ ნულოვან, ძირითად დონეებზე. ექსპერიმენტისათვის ვიღებდით 85% ნაზი ფრაქციის შემცველი საწყისი ნედლეულის შროტს.

როგორც ექსპერიმენტის შედეგები გვიჩვენებენ, საექსტრაქციო მასის (ექსტრაგენტი+ჩაის შროტი) რხევების სიხშირის გაზრდით, სხვა თანაბარ პირობებში, ჩაის შროტის ექსტრაქტული ნივთიერებები და ფენოლური ნაერთები იზრდებიან; რაც შეეხება ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას – ისინი ჯერ იზრდებიან, აღწევენ მაქსიმალურ მნიშვნელობას 2...4 წ$^{-1}$ რხევების დიაპაზონში, შემდეგ კი მკვეთრად მცირდებიან. აღნიშნული მოვლენა, ჩვენი აზრით, გამოწვეულია იმით, რომ საწყის ეტაპზე პულსაცი-

ის გავლენით ხდება კატექინების ექსტრაქციის აქტივაცია, ხოლო რხევათა სიხშირის გაზრდით 4 წ$^{-1}$–ზე მეტად მართალია ფენოლური ნაერთების საერთო რაოდენობა ექსტრაქტში იზრდება, მაგრამ ამ დროს წარმოებს მათი ინტენსიური ჟანგვა, აქტიური კატექინებისა და სხვა ანტიოქსიდანტური ნაერთების რაოდენობის შემცირება.

ცხრილი 8.

ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოსავლიანობის დამოკიდებულება საექსტრაქციო მასის პულსაციაზე (ამპლიტუდა 1 მმ)

რხევების სიხშირე m, წ$^{-1}$	ექსტრაქტული ნივთიერებები $Э$,%	ფენოლური ნაერთები $Ф$, %	კატექინების ჯამი K,%	ანტიოქსიდანტური აქტიურობა AOA, $S_щ/S_{дт}$
1,5	32,9	18,20	9,80	7,64
2,0	33,5	18,40	9,95	7,76
3,0	33,9	18,60	10,05	7,74
4,0	34,2	18,70	10,10	7,68
5,0	34,5	18,80	10,15	7,61
6,0	34,8	18,80	10,20	7,61

ექსპერიმენტის შედეგები უფლებას გვაძლევს გავაკეთოთ დასკვნა, რომ საწარმოო ექსპერიმენტის დაგეგმვის დროს რხევების სიხშირის ნულოვან (ძირითად) დონედ მიზანშეწონილია მივიღოთ $m_0 = 3{,}0$ წ$^{-1}$, ხოლო ვარირების ინტერვალად – 1 წ$^{-1}$. ასეთ შემთხვევაში დაგეგმილი ექსპერიმენტი მოიცავს ჩვენთვის საინტერესო სიხშირეთა მთელ სპექტრს 1–დან 5 წ$^{-1}$–მდე დიაპაზონში.

4. კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ტექნოლოგიის დამუშავება

4.1. ტექნოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაციის პარამეტრებისა და მათზე მოქმედი ფაქტორების დასაბუთება

როგორც აღვნიშნეთ, ადამიანის ბიოლოგიურ სითხეებში თავისუფალი რადიკალების დონის შესამცირებლად რეკომენდირებულია ბუნებრივი ანტიოქსიდანტური აქტიურობის შემცველი კვების პროდუქტების, სამკურნალო პრეპარატების, ბიოლოგიურად აქტიურვი დანამატებისა და სასმელების ყოველდღიური გამოყენება.

თავისუფალრადიკალური პათოლოგიის პროფილაქტიკისა და მკურნალობისათვის, უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია სხვადასხვა პროდუქტსა თუ სასმელში ანტიოქსიდანტების შემცველობის შესახებ უტყუარი ინფორმაცია და ასევე უტყუარი ინფორმაცია ორგანიზმის ანტიოქსიდანტური სისტემის მდგომარეობის შესახებ.

შესაბამისად, ჩაის შროტის თხევადი კონცენტრატის, კატექინების კომპლექსის პრეპარატის, ტექნოლოგიის დავმუშავებისას ოპტიმიზაციის ძირითად პარამეტრად ვღებულობთ კონცენტრატის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას (AOA), რომელიც განისაზღვრება «ცვეტიაუზა–01-აა» ხელსაწყოზე, როგორც გამოსაკვლევი კონცენტრატის სიგნალისა და სტანდარტული ნივთიერების სიგნალის თანაფარდობა. სტანდარტულ ნივთიერებად ავიღეთ კვერცეტინი. ჩაის პრეპარატის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის განსაზღვრის მეთოდური მასალები მოცემულია ნაშრომის მეორე თავში.

ოპტიმიზაციის მეორე კრიტერიუმად მივიღეთ ჩაის შროტიდან ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობა, რომელიც გადაანგარიშდება როგორც ერთი ტონა ჩაის საექსტრაქციო შროტიდან მიღებული მშრალი ბიოლოგიურად აქტიური კონცენტრატის რაოდენობა – Э, კგ/ტ. ოპტიმიზაციის მეორე კრიტერიუმის მიღება განპირობებულია კიდევ იმ მოსაზრებითაც, რომ მის სიდიდეზეა დამოკიდებული ჩაის მიღებული თხევადი კონცენტრატის ფიზიკურ–ქიმიური მახასიათებლები და ტექნოლოგიურ–კომერციული სახე.

ჩაის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ტექნოლოგიის დავმუშავებისას ინტეგრალური ოპტიმიზაციის კრიტერიუმის შერჩევა, რომელიც მოიცავს მწარმოებლურობას, თვითღირებულებას, პროდუქციის ხარისხს, წარმოების მოგებას და ასე

შემდეგ, მიზანშეწონილი არ არის შემდეგი მოსაზრების გამო: ქვეყანაში არსებული ჯერ კიდევ ჩამ ოუყალიბებელი საბაზრო ეკონომიკის პირობებში ცნება «მოგება» ამორფულია და არ შეიძლება გამოდგეს რაიმე ინტეგრალური კრიტერიუმის წანამძღვრად.

ასევე შეიძლება ითქვას მწარმოებლურობაზე, რადგან მისი ზრდა არ შეიძლება იყოს ოპტიმალურობის კრიტერიუმი. ქვეყანაში ჯერ კიდევ ჩამოუყალიბებელი ფორმირების პროცესში მყოფი საგადასახადო სისტემის გამო შეუძლებელია ვიმსჯელოთ საწარმოო ექსპერიმენტის პირობებში პროდუქციის თვითღირებულებაზეც, მით უმეტეს, რომ არ არსებობს მეტ–ნაკვლებად სტაბილური ფასები ნედლეულზე, მასალებზე, ენერგიასა თუ შრომაზე.

შესაბამისად, რეალურად გვესახება ჩაის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის თხევადი პრეპარატის საწარმოო ექსპერიმენტისათვის პროცესების ოპტიმალურობა შევაფასოთ კიდევ ერთი, ეკონომიკური კრიტერიუმით, რომველიც ითვალისწინებს ერთი ტონა ჩაის საექსტრაქციო შროტის გადამუშავებაზე გაწეულ ენერგოდანახარჯებს E, დოლარი/ტონა.

შემდგომში ჩვენ უნდა მოვძებნოთ ისეთი ტექნოლოგიური რეჟიმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ანტიოქსიდანტური აქტიურობისა და ექსტრაქტული ნივთიერებების შესაძლო მაქსიმალურ გავმოსავლიანობას შესაძლო მინიმალური ენერგოდანახარჯებით. ჩვენ დავამუშავებთ საწარმოო–ეკონომიკურ მათემატიკურ მოდელებს, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება ოპტიმპალური ტექნოლოგიური რეჟიმების დადგენა, მათი უზრუნველყოფისა და სუბოპტიმალური მართვის მეთოდების დამუშავება.

ლაბორატორიულმა ექსპერიმენტების შედეგებმა მოგვცა საშუალება დაგვედგინა ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებზე მოქმედი რიგი ფაქტორების მოქმედების ხასიათი და დიაპაზონი, მათ შორის, ექსტრაქციის ტემპერატურა და ხანგრძლივობა, წყლისა და შროტის მასური თანაფარდობა, საექსტრაქციო ჩაის შროტის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი, საექსტრაქციო მასის (შროტი და წყალი) რხევების სიხშირე, ამპლიტუდა და პერიოდულობა. ამას გარდა ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებზე მოქმედებენ რიგი არარეგულირებადი ფაქტორებისა, როგორებიცაა ელექტრო-

ენერგიის, ორთქლისა და საწვავის ტარიფების ცვალებადობა ენერგოდანახარჯებზე ერთეული ნედლეულის გადასამუშავებლად; პლანტაციის ადგილმდებარეობა და კლიმატური პირობები, კრეფის დრო, საექსტრაქციო ნედლეულისა და მისი შროტის შრობის პირობები, შროტის მისაღებად გამოყენებული ორგანული გამხსნელის მახასიათებლებლი და მრავალი სხვა ანტიოქსიდანტური აქტიურობისა და ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობაზე. ყველა ჩამოთვლილი ფაქტორის გათვალისწინება დაგეგმილ ექსპერიმენტში შეუძლებელია პრაქტიკულად, დაკავშირებულია დროისა და საშუალებების მრავალჯერად ზრდასთან და, რაც მთავარია, მიგვიყვანს ნაკლებად საიმედო შედეგებამდე.

ცხრილი 9

კატრექინების კომპლექსის ექსტრაქციის საწარმოო ექსპერიმენტის პირობები

ფაქტორები	ტემპერა-ტურა $t,^0C$	ხანგრძლი-ვობა τ, წთ	«წყალი/ჩაის შროტი n, ლ/კგ	ჩაის ნაზი ნაწილის ხვედრითი წილი H.%
კოდირებული აღნიშვნა	x_1	x_2	x_3	x_4
ძირითადი დონე	70	60	7,5	50
ვარირების ინტერვალი	10	10	1,0	15
ზედა დონე (+1)	80	70	8,5	65
ქვედა დონე (-1)	60	50	6,5	35
მხარი (+2)	90	80	9,5	80
მხარი (-2)	50	40	5,5	20

ლაბორატორიული ექსპერიმენტებისა და სხვადასხვა მცენარეული დაკონცენტრირებული ექტსრაქტების წარმოების მრავალწლიანი გამოცდილების გათვალისწინებით ექსპერიმენტის დაგეგმვის მატრიცაში შევიდა ოთხი ფაქტორი: ექსტრაქციის ტემპერატურა $t,^0C$; ექსტრაქციის ხანგრძლივობა τ, წთ; წყლისა და შროტის მასური თანაფარდობა n, ლ/კგ; ჩაის შროტის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი $H,\%$. რაც შეეხება ექსტრაქციის პროცესში საექსტრაქციო მასის პულსაციის საკითხს, აქ დავეყრდნობით ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგებს და მივიღებთ ოპტიმალურ მუდმივ სიდიდეებად რხევების ამპლიტუდის სიდიდეს 1 მმ და რხევების სიხშირეს 3წ$^{-1}$–ის ტოლს. რხევებს ვანხორციელებთ პერიოდულად ყოველ

10 წუთში 1 წუთის განმავლობაში.

ექსტრაქციას ვახორციელებთ პერიოდული ქმედების დანადგარში (ნახ.4), მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ექსტრაქცია ერთ საფეხურად მიმდინარეობს.

ფაქტორები, რომლებიც შევიდნენ საწარმოო ექსპერიმენტის დაგეგმვის მატრიცაში, მათი დონეები და ვარირების ინტერვალები მოყვანილია ცხრ.9–ში. ექსპერიმენტის დაგეგმვის მატრიცად გამოვიყენეთ ცენტრალური კომპოზიციური როტატაბელური გეგმა, რომელიც ყველაზე უფრო მოსახერხებელია ნაშრომში დასახული მიზნის რეალიზაციისათვის [219].

4.2. ჩაის შროტიდან კატექინების კომპლექსის ექსტრაქციის საწარმოო ექსპერიმენტის რეალიზაცია

საწარმოო ექსპერიმენტი ჩავატარეთ სამრეწველო–ექსპერიმენტულ ექსტრაქტორში [96,100], რომელიც სქემატურად ნაჩვენებია ნახ. 4-ზე

ცენტრალური კომპოზიციური როტატაბელური დაგეგმვის მატრიცა და ცდების შედეგები მოცემულია ცხრ.12–ში. ექსპერიმენტი შედგება ოთხფაქტორიანი სრული ფაქტორული ექსპერიმენტისაგან – 16 ცდა, ვარსკვლავურ წერტილებში ცდებისაგან – 8 ცდა და ცდებისაგან ექსპერიმენტის ცენტრში – 7 ცდა. სულ ექსპერიმენტის რეალიზაციისათვის განხორციელდა 31 ცდა.

სისტემატური და შემთხვევითი ცდომილებების ნიველირებისავის გამოვიყენეთ რანდომიზაციის მეთოდი. ცდები ტარდებოდა შემთხვევვითი რიცხვების მიმდევრობით (ცხრ.10). ყველა ცდა ტარდებოდა ერთიდა იგივე მეთოდიკით იდენტურ პირობებში.

ექსპერიმენტის დაგეგმვის შერჩეული მვატრიცის რეალიზაციამ არაარსებითი ეფექტების გამორიცხვის შემდეგ საშუალება მოგვცა საბოლოოდ ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის წყლით ექსტრაქციის ტექნოლოგიური პროცესი წარმოგვედგინა შემდეგი სახის ადეკვატური რეგრესიის განტოლებებით კოდირებულ მასშტაბში:

ცხრილი 10

ჩაის კატექინების კომპლექსის ექსტრაქციის საწარმოო ექსპერიმენტის დაგეგმვის მატრიცა და ცდების შედეგები

N რიგზე	რეალიზაციის N	X_1	X_2	X_3	X_4	ენერგო დანახარჯები**E**, დოლარი/ტ	ექსტრაქტული ნივთიერებები **Э**, კგ/ტ	ანტიოქსიდანტურობა **AOA,**[$S_{ჩშ}/S_{ეტ}$]
1	11	-1	-1	-1	-1	26	175	5,9
2	3	1	-1	-1	-1	29	190	5,8
3	21	-1	1	-1	-1	28	215	6,5
4	9	1	1	-1	-1	31	215	6,2
5	10	-1	-1	1	-1	31	190	5,9
6	1	1	-1	1	-1	33	205	5,7
7	18	-1	1	1	-1	33	220	6,5
8	7	1	1	1	-1	35	230	6,4
9	24	-1	-1	-1	1	26	205	7,9
10	2	1	-1	-1	1	29	230	7,7
11	13	-1	1	-1	1	28	230	8,5
12	20	1	1	-1	1	31	255	8,2
13	4	-1	-1	1	1	31	230	7,9
14	6	1	-1	1	1	33	255	7,7
15	14	-1	1	1	1	33	245	8,5
16	16	1	1	1	1	35	270	8,19
17	5	-2	0	0	0	28	200	7,49
18	12	2	0	0	0	34	250	7,74
19	8	0	-2	0	0	29	200	6,03
20	15	0	2	0	0	33	250	8,19
21	22	0	0	-2	0	26	200	5,49
22	23	0	0	2	0	35	240	5,67
23	17	0	0	0	-2	31	210	5,85
24	19	0	0	0	2	30	250	9,90
25	25	0	0	0	0	31	230	7,88
26	26	0	0	0	0	30	235	7,82
27	27	0	0	0	0	30	235	7,82
28	28	0	0	0	0	31	225	7,89
29	29	0	0	0	0	30	235	7,92
30	30	0	0	0	0	30	225	7,92
31	31	0	0	0	0	31	230	7,91

$$AOA = 7{,}9 - 0{,}06X_1 + 0{,}07X_2 + 0{,}02\,X_3 + 1{,}0\,X_4 - 0{,}2X_1X_2 - 0{,}08X_1^2 - 0{,}2\,X_2^2 - 0{,}6X_3^2; \qquad [S_{ჩაი}/S_{ეტალონი}] \qquad (7)$$

$$Э = 231 + 10X_1 + 12{,}5X_2 + 6{,}3X_3 + 16{,}5X_4 - 2{,}5X_1X_2 + 3{,}8X_1X_4 - 6{,}3X_2X_4 +$$

$$+ 3X_3X_4 + 3X_2^2 - 2X_3^2; \quad [\text{კგ/ტ}] \qquad (8)$$

$$E = 30{,}3 + 1{,}5X_1 + 1{,}1X_2 + 1{,}5X_3. \quad [\text{დოლარი/ტ}] \qquad (9)$$

(7), (8) და (9) განტოლებების კოეფიციენტების არსებითობა შევამოწმეთ სტიუდენტის კრიტერიუმით, ხოლო მოდელების ადეკვატურობა – ფიშერის კრიტერიუმით. სტატისტიკური ანალიზის შედეგები 0,95 ალბათობისათვის გვიჩვენებენ განტოლებების ადეკვატურობასა და ვარგისიანობას ნაშრომში დასახული მიზნის რეალიზაციისათვის (ცხრ.11).

ცხრილი 11

რეგრესიის განტოლებების სტატისტიკური ანალილზის შედეგები

მახასიათებლები	f_1	f_2	$S^2_{\bar{y}}$	$F_{\text{საამ}}$	$F_{\text{ცხრ.}}$	$t_{31;0,95}$	α
AOA, [Sგ/Sეტ]	6	16	0,185	2,17	2,30	1,7	0,95
Э, კგ/ტ	6	13	20,25	3,62	4,00	1,7	0,95
E, დოლარი/ტ	6	20	0,76	1,97	3,87	1,7	0,95

(7), (8) და (9) რეგრესიის განტოლებებში ფაქტორების კოდირებული მნიშვნელობებიდან ნატურალურ მნიშვნელობებზე გადასვლას ექსპერიმენტის პირობების გათვალისწინებით (ცხრ.9) ვაწარმოვებთ შემდეგი ფორმულებით:

$$x_1 = (t - 70)/10; x_2 = (\tau - 60)/10; x_3 = (n - 7{,}5); x_4 = (H - 50)/15. \qquad (10)$$

ამრიგად, მიღებული ადეკვატური მათემატიკური მოდელები (7), (8) და (9) გვაძლევენ ჩაის კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატის ტექნოლოგიური რეჟიმების ანალიზისა და კონტროლის საშუალებას ყოველ კონკრეტულ საწარმოო სიტუაციაში.

მიღებული (7), (8) და (9) მათემატიკური მოდელების ერთზომადი კვეთები მოცემულია ნახ.16 – ნახ.19–ზე. მათი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყველა განხილული ფაქტორი მნიშვნელოვნად მოქმედებს ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებზე. განვიხილოთ თითოეული მათგანი:

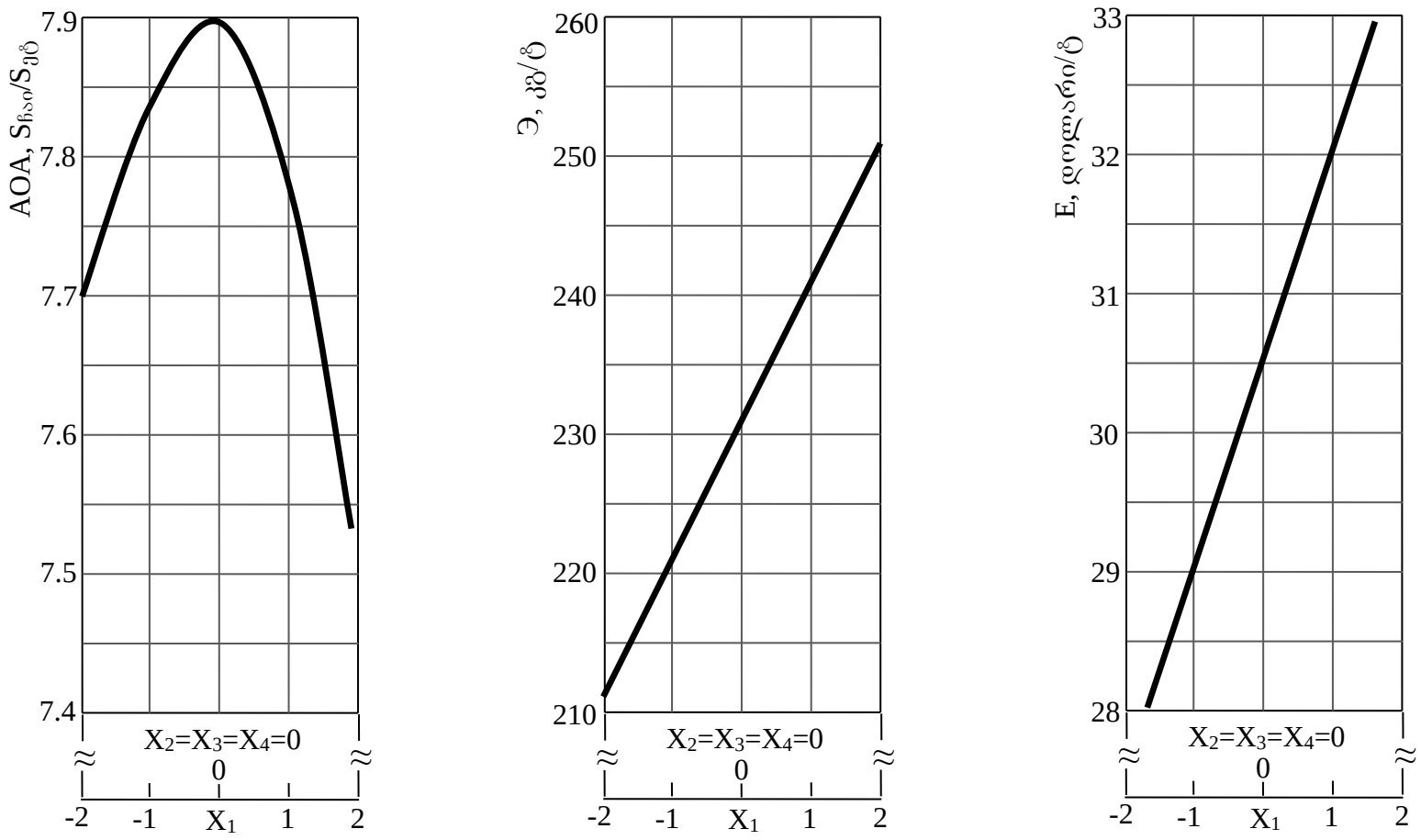
ექსტრაქციის ტემპერატურის გავლენა ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებზე გრაფი-

კულად გავმოსახულია ნახ.16–ზე, როცა დანარჩენი ფაქტორები ფიქსირებულია ძირითად დონეებზე. ენერგოდანახარჯები, როგორც მოსძალოდნელი იყო, და ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობა ტემპერატურის გაზრდით წრფივად იზრდებიან საკმაოდ დიდ დიაპაზონში, მაშინ, როცა ანტოოქსიდანტური აქტიურობის ცვალებადობას აქვს პარაბოლური ხასიათი მკვეთრად გამოხატული ექსტრემუმით (მაქსიმუმით), $X_1 = 0$-ის ახლოს. პირობით ოპტიმალური ტემპერატურაც ამ მაქსიმუმის ახლოს უნდა ვეძებოთ მარჯვნივ $70 \cdots 75^0 C$ ტემპერატურისაკენ;

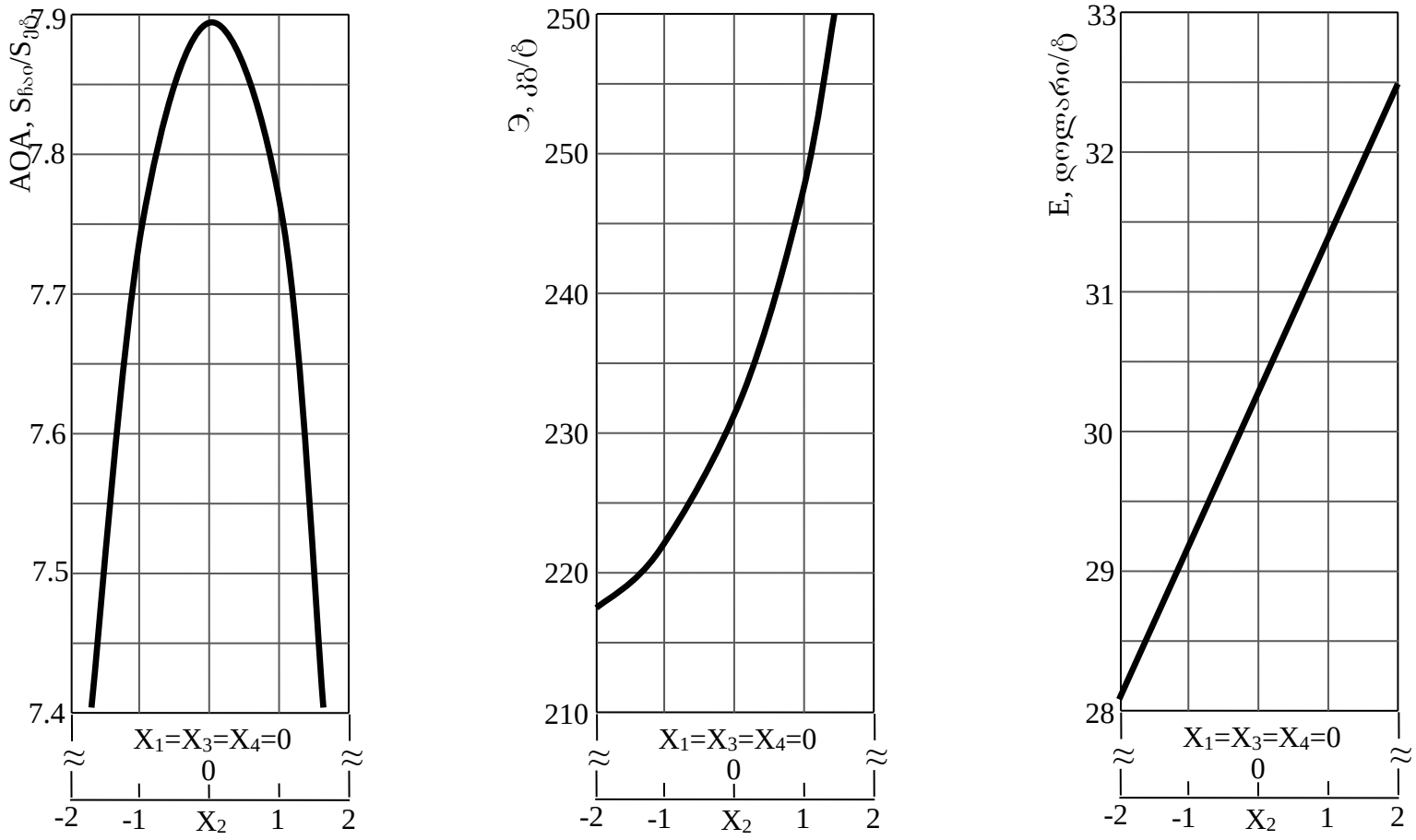
– ექსტრაქციის ხანგრძლივობის გავლენა ოპტიმიზაციის კრიტერიუმ ებზე გრაფიკულად გამოსახულია ნახ. 17-ზე, როცა დანარჩენი ფაქტორები ფიქსირებული არიან ძირითად დონეებზე. ენერგოდანახარჯები აქაც წრფივად იზრდებიან, ექსტრაქტულ ნივთიერებებს აქვთ პარაბოლური ხასიათის ზრდის ტენდენცია, თუმცა მაქსიმუმი ექსპერიმენტის ფარგლებში არ ჩანს. რაც შეეხება ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას, მის ცვალებადობას აქვს პარაბოლის ფორმა მაქსიმუმით, როცა $X_2 = 0$-ის ახლოსაა. ოპრიმალური მნიშვნელობაც ექსტრაქციის ხანგრძლივობისათვის 60-65 წუთის ინტერვალში უნდა ვეძებოთ;

– ექსტრაქციის პროცესში თანაფარდობის «წყალი/შროტი» გავლენა ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებზე ნაჩვენებია ნახ18–ზე, როცა დანარჩენი ფაქტორების მნიშვნელობები ძირითად დონეზე არიან დაფიქსირებული. თანაფარდობის ზრდით ენერგოდანახარჯები აქაც წრფივად იზრდება. ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსოავლიანობასა და ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას აქვთ პარაბოლის სახე, მაქსიმუმებით, შესაბამისად, $X_3 = 0$-ის ახლოს მარჯვნივ და $X_3 = +1$-ის ახლოს მარჯვნივ, ანუ 7-9 ლ/კგ დიაპაზონში;

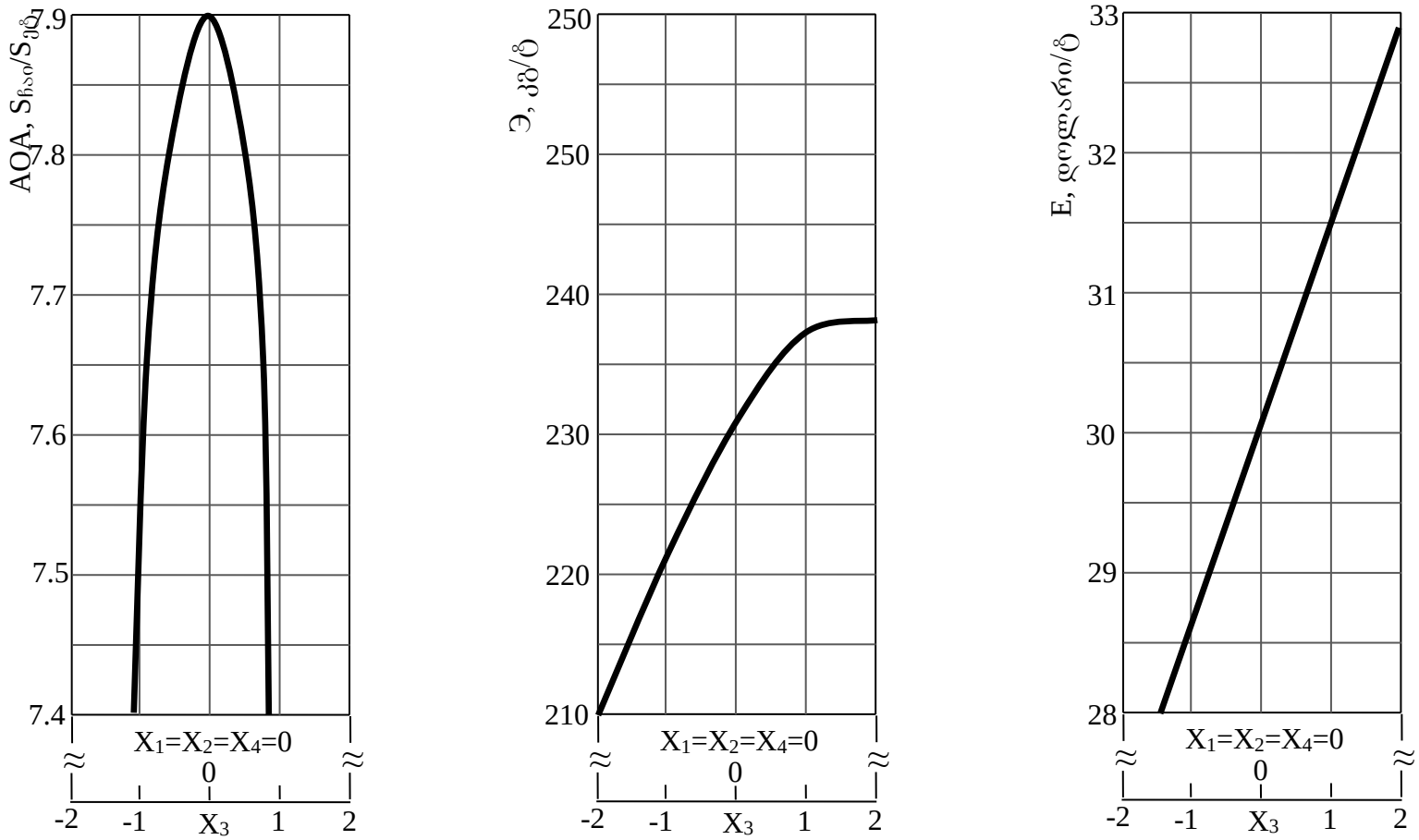
– საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილის გავლენით ოპტიმიზაციის კრიტერიუმების ცვალებადობა გრაფიკულად ნაჩვენებია ნახ.219–ზე. როგორც ვხედავთ, ამ შევმთხვევაში ფაქტორის ზრდით კრიტერიუმები წრფივად იცვლებიან: ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობა იზრდება, ანტიოქსიდანტური აქტიურობაც იზრდება, რაც სავსებით მოსალოდნელი იყო. ჩაის ნედლეულში (შროტში) ნაზი ფრაქციის შემცველობა ენერგოდანახარჯებზე პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს.



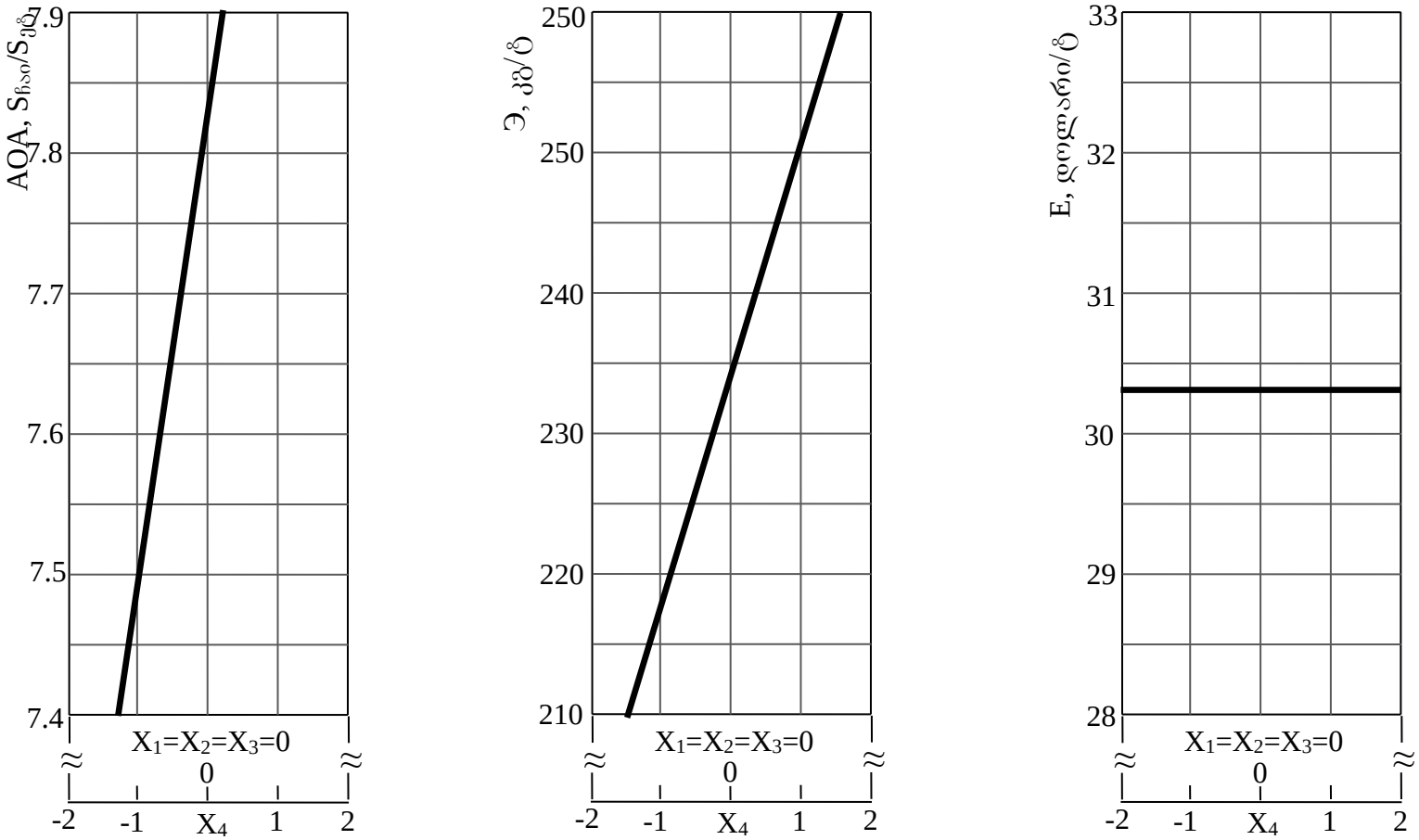
ნახ16. ოპტიმიზაციია პარამეტრების გამოძახილების ერთზომადი კვეთები
X_1 ფაქტორისათვის (ექსტრაქციის ტემპერატურა)



ნახ.17. ოპტიმიზაციის პარამეტრების გამოძახილების ერთზომადი კვეთები
X_2 ფაქტორისათვის (ექსტრაქციის ხანგრძლივობა)



ნახ.18. ოპტიმიზაციის პარამეტრების გამოძახილების ერთზომადი კვეთები
X_3 ფაქტორისათვის (შროტი/წყალი)



ნახ.19. ოპტიმიზაციის პარამეტრების გამოძახილების ერთზომადი კვეთები
X_4 ფაქტორისათვის (ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი)

როგორც ვხედავთ, ექსპერიმენტის ზღვრებში ყველა განხილული ფაქტორი მნიშვნელოვნად მოქმედებს ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებზე. ამასთან ცხადია, რომ მისწრაფება ნაკლები ენერგოდანახარჯებით მივიღოთ ექსტრაქტი მაქსიმალური ანტიოქსიდანტური აქტიურობითა და მაქსიმალური ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობით ერთდროულად შეუძლებელია და საჭიროა კომპრომისული ამოცანის დასახვა.

ვინაიდან ჩვენი მიზანია მივიღოთ ჩაის კატექინების კომპლექსის პრეპარატი მაქსიმალური (ექსპერიმენტის ზღვრებში) ანტიოქსიდანტური აქტიურობით, ამიტომ ვატარებთ მის ოპოტიმიზაციას, ხოლო ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობასა და ენერგოდანახარჯებს განვიხილავთ როგორც შეზღუდვებს, ვაძლევთ რა მათ გარკვეულ, ექსპერიმენტიდან გამომდინარე, ფიქსირებულ მნიშვნელობებს. ეს მნიშვნელობები ჩვენ ავიღეთ (8) და (9) რეგრესიის განტოლებებიდან ექსპერიმენტის ცენტრში. შესაბამისად, ექსტრაქტული მნიშვნელობების გამოსავლიანობისათვის ვღებულობთ შეზღუდვას $Э = 230{,}6$ კგ/ტ, ხოლო ჩაის შროტის ექსტრაქტციაზე გაწეული ენერგოდანახარჯებისათვის – $E = 30{,}3$ დოლ/ტ.

შესაბამისად, ოპტიმიზაციის ამოცანა შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ შემდეგნაირად: მივიღოთ კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატი მაქსიმალური ანტიოქსიდანტური აქტიურობით

$$AOA \to \text{მაქსიმუმი, შემდეგი შეზღუდვებისათვის}$$

$$Э = 230{,}6\ [\text{კგ/ტ}]; \quad E = 30{,}3\ [\text{დოლარი/ტ}]; \tag{14}$$

$$-2 \le x_i \le 2; i = 1,2,3,4.$$

ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაწყვეტად გავმოვიყენეთ მიზნობრივი ფუნქციის ექსტრემუმის ძიების კლასიკური მეთოდი – ლაგრანჟის განუსაზღვრელ მამრავლთა მეთოდი, რისთვისაც შემოგვაქვს დამხმარე ფუნქცია ϕ და პირობითი ექსტრემუმის ამოცანა დაგვყავს უპირობო (შეზღუდვების გარეშე) ამოცანამდე. აქ, ვინაიდან ჩაის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილის ოპტიმიზაციის ამოცანაში შეტანას გასაგები მიზეზების გამო აზრი არა აქვს, მის მნიშვნელობას ვიღებთ მის ფიქსირებულ მნიშვნელობას $(x_4 = -2)$. გვაქვს

$$\phi(x_i, \lambda_1 \lambda_2) = AOA(x_i) + \lambda_1 [Э(x_i) - 230{,}6] + \lambda_2 [E(x_i) - 30{,}3] \tag{15}$$

სადაც λ_1 და λ_2 – ლაგრანჟის განუსაზღვრელი მამრავლებია და გამოდიან ცვლადე-

ბის როლში x_i ცვლადების თანაბრად.

მიზნობრივი ფუნქციის (15) კერძო წარმოებულების მოძებნით ყველა ცვლადისათვის და ნოლისათვის გატოებით მივიღებთ განტოლებათა სისტემას:

$$\partial\phi / \partial x_i = 0; \quad \partial\phi / \partial\lambda_i = 0; \quad \partial\phi / \partial\lambda_i = 0; \tag{16}$$

ამ სისტემის მრავალრიცხოვანი ამონახსნიდან ექსპერიმენტის პირობებსა და მიღებულ შეზღუდვებს აკმაყოფილებს შემდეგი ოპტიმალური ავმონახსნი:

- ექსტრაქციის ტემპერატურა $x_1 = -0{,}5$; ან ნატურალურ მასშტაბში $t = 65^0 C$;
- ექსტრაქციის ხანგრძლივობა $x_2 = 0;$ ან ნატურალურ მასშტაბში $\tau = 60$ წუთი;
- «წყალი/შროტი» ფარდობა $x_3 = 0{,}5;$ ან ნატურალურ მასშტაბში $n = 8$ ლ/კგ.

ფაქტორების აღნიშნული მნიშვნელობისათვის, ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებს ჩაის შროტის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილის გათვალისწინებით აქვთ სახე:

– ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა

$$\mathbf{AOA = 4{,}4 + 0{,}066\ H}; \qquad [S_{\text{ბშ}}/S_{\text{ეტ}}] \tag{17}$$

– ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობა

$$\mathbf{Э = 175{,}2 + 1{,}09\ H;} \qquad [\text{კგ/ტ}] \tag{18}$$

– ერთეული (1 ტ) ჩაის შროტის ექსტრაჰირებაზე გაწეული ენერგოდანახარჯები ოპტიმალურ პირობებში პრაქტიკულად მუდმივია და ტოლია **E = 30,3** დოლარი/ტ–ის.

როგორც ვხედავთ, ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებზე *AOA* და *Э* მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ჩაის შროტის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი.

თუ საწარმოო ექსპერიმენტის შედეგებს შევადარებთ ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგებს [ფორმულები (2) და (18)] დავინახავთ, რომ ოპტიმალურ რეჟიმში ჩაის შროტის ექსტრაჰირებისას ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობა შროტში არსებულის 70...75%–ს შეადგენს, რაც გამოწვეულია კომპრომისით, მიგვეღო ექსტრაქტი მაქსიმალური ანტიოქსიდანტური აქტიურობით.

ჩაის შროტის ოპტიმალურ პირობებში ექსტრაქციისას ექსტრაქტში ექსტრაქტული წყალხსნადი ნივთიერებების კონცენტრაცია შროტის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილის მიხედვით შესაძლებელია განისაზღვროს განტოლებით:

$$Э_K = 2{,}5 + 0{,}16H, [\%] \tag{19}$$

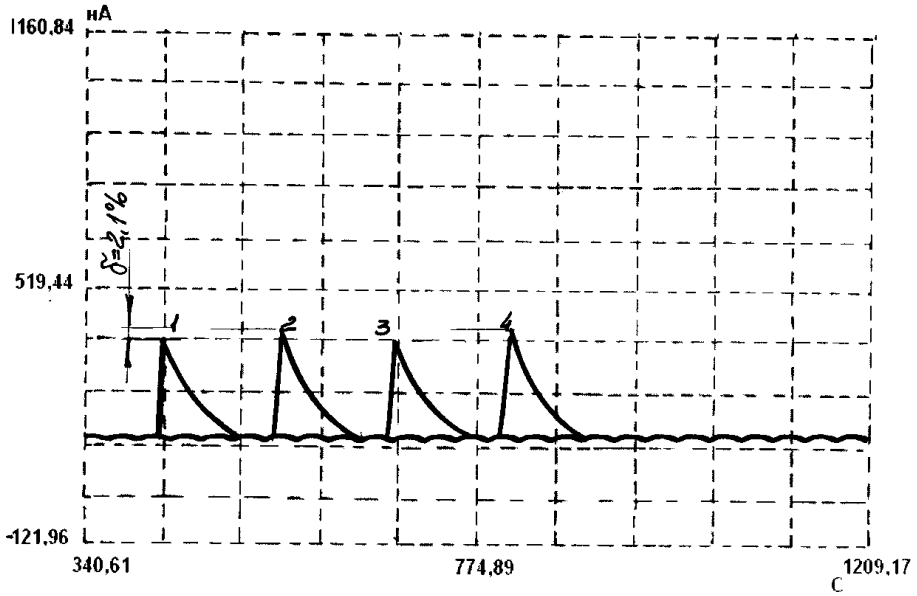
სადაც მიღებულია, რომ ექსტრაქტის გამოღების შემდეგ შროტში რჩება ჰიგროსკოპუ-

ლი ტენი თანაფარდობით 1კგ/ლ

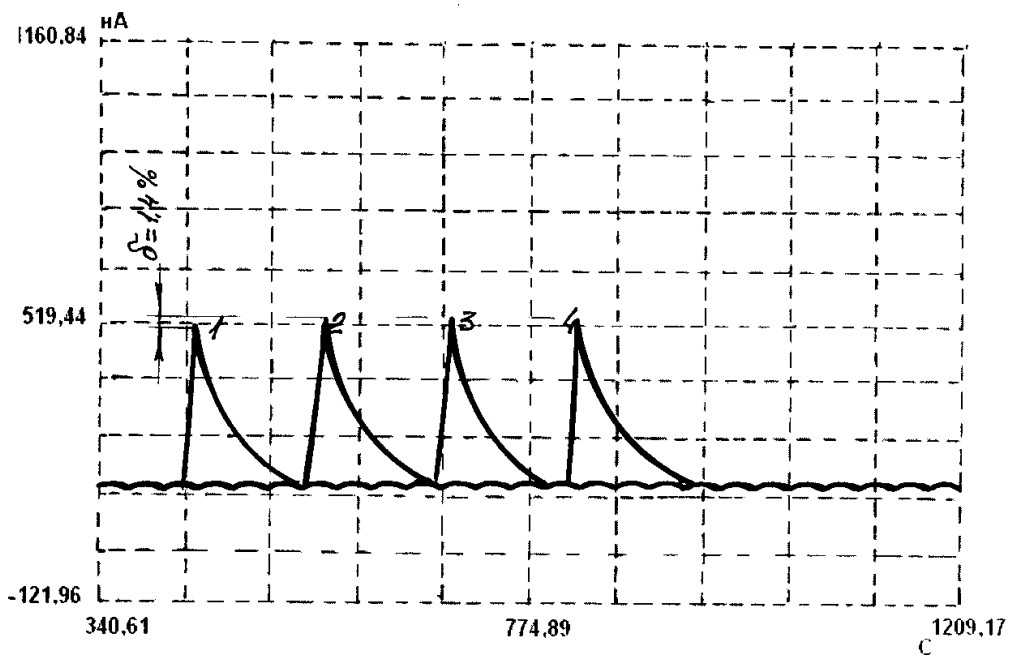
როგორც ვხედავთ, ექსტრაქტში მშრალი ნივთიერებების კონცენტრაცია სრულად შეესაბამება მცენარეული ნედლეულის წყლიანი ექსტრაქტების დასაკონცენტრირებლად არსებულ სერიული ვაკუუმ–ამაორთქლებელი დანადგარების საპასპორტო მონაცემებს, რომელთათვისაც დასაკონცენტრირებელი ექსტრაქტის ნომინალური კონცენტრაცია 2,8...3,2%–ს შეადგენს.

ნახ.20- ნახ.23–ზე მოცემულია ოპტიმალურ რეჟიმზე სხვადასხვა ხარისხის ნედლეულის შროტიდან მიღებული ექსტრაქტების ორთ–ოთხი მიმდენვრობითი აღწარმოებების დიაგრამები. საშუალო კვადრატული გადახრები არ აღეუმატებიან 3,5%–ს.

როგორც ვხედავთ, ჩაის შროტის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილის გაზრდით იზრდება დენის ძალა ამპერომეტრული დეტექტორის მუშა ელექტროდზე 390...395 ნა–დან (ნახ.20) 900...910 ნა–მდე (ნახ.23). შესაბამისად, იზრდება ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა 7,03–დან $(H = 40\%)$ 9,67–მდე $(H = 80\%)$, რომელიც განისაზღვრა დიფერენციალური გამომავალი მრუდების სიმაღლეუთა პიკებით ან ფართობებით. ამ უკანასკნელთა გამოთვლას ვაწარმოვებდით სპეციალური პროგრამული უზლრუნველყოფით ანალოგიურ–ციფრული გარდამქმნელისა და კომპიუტერის გამოყენებით (იხ. მე–2 თავი).

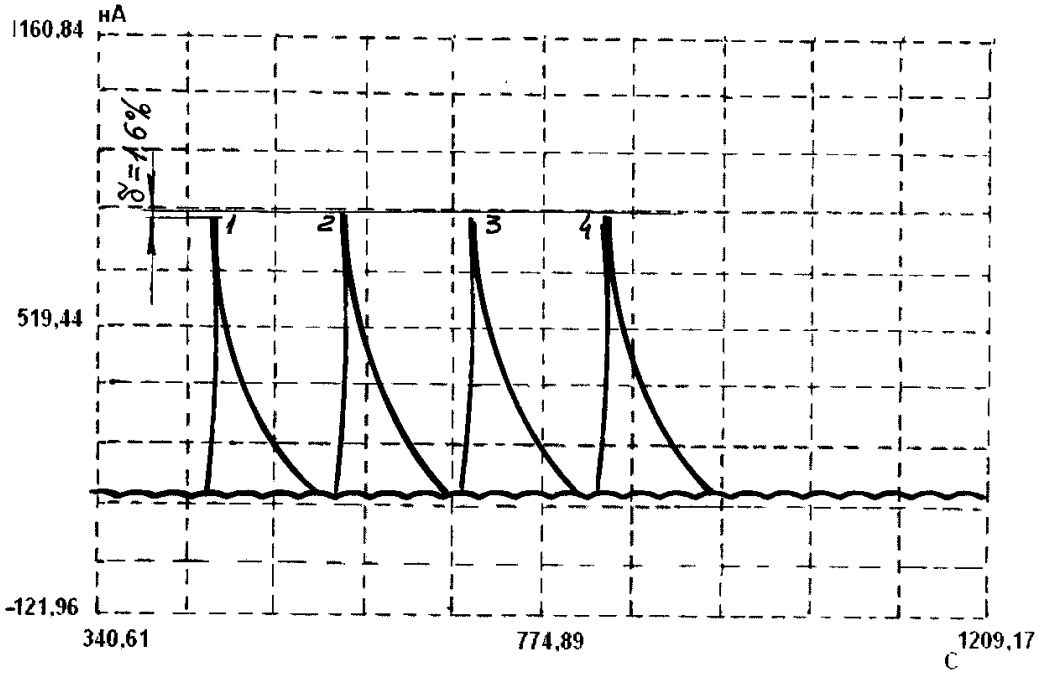


ნახ.2 0. ჩაის შროტის ექსტრაქტის AOA დიაგრამა, H=40%
(ეტალონი კვერცეტინი)

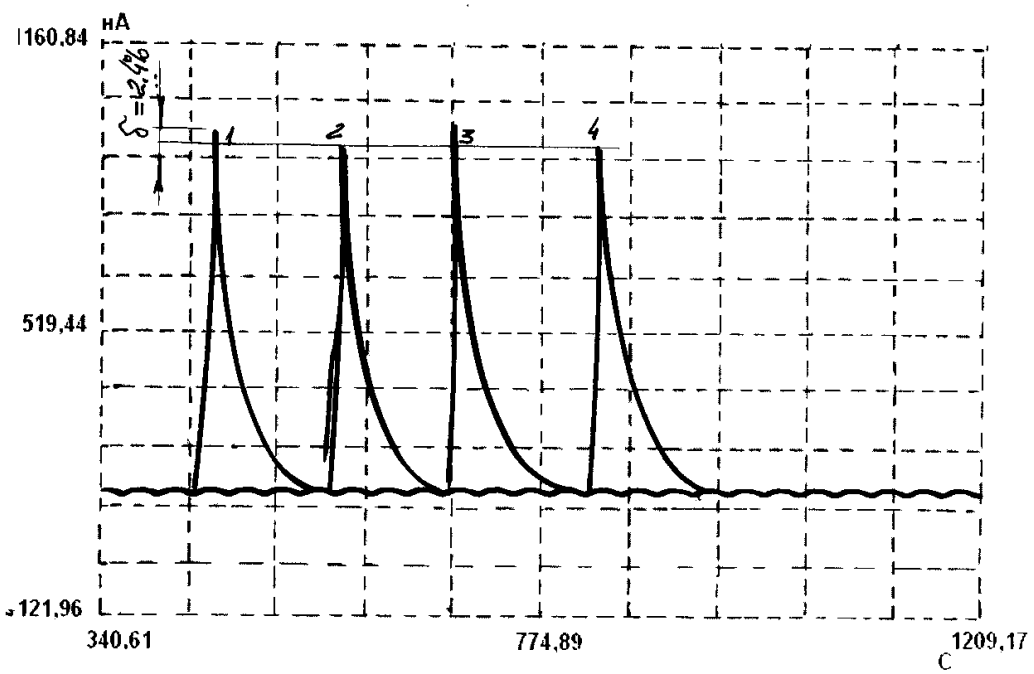


ნახ. 21. ჩაის შროტის ექსტრაქტის АОА დიაგრამა, Н=55%

(ეტალონი კვერცეტინი)



ნახ. 22. ჩაის შროტის ექსტრაქტის АОА დიაგრამა, Н=68%
(ეტალონი კვერცეტინი)



ნახ. 23. ჩაის შროტის ექსტრაქტის АОА დიაგრამა, Н=80% (ეტალონი კვერცეტინი)

ამრიგად, საწარმოო ექსპერიმენტის რეალიზაციამ საშუალება მოგვცა დაგვემუშავებინა ჩაის კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატის ექსტრაქციის ტექნოლოგიური პროცესის მახასიათებელი ადეკვატური მათემატიკური მოდელები, გადაგვწყვიტა ოპტიმიზაციის კომპრომისული ამოცანა და მიგვეღო პროცესებზე მოქმედი ფაქტორებისა და ოპტიმიზაციის კრიტერიუმების ოპტიმალური მნიშვნელობები.

4.3. ჩაის შროტის წყალხსნადი ექსტრაქტის დაკონცენტრირება

როგორც საწარმოო ექსპერიმენტის შედეგებიდან ჩანს, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების კონცენტრაცია ექსტრაქციის შედეგად მიღებულ ექსტრაქტში, ჩაის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის შემცველობის მიხედვით, შეადგენს 2,8...3,25–ს (ფორმულა 19), რაც საკმაოდ დაბალი მაჩვენებელია და ის საჭიროებს დაკონცენტრირებას.

დაკონცენტრირების პროცესში გამხსნელის (წყლის) გარკვეული ნაწილი გახურების შედეგად გადადის ორთქლისებურ მდგომარეობაში და გამოიყოფა თხევადი გარემოდან. ვინაიდან გამხსნელის რაოდენობის შემცირებით მშრალი ნივთიერებები (ექსტრაქტული ნივთიერებები) უცვლელი რჩება, ხსნარის კონცენტრაცია იზრდება გარკვეულ მნიშვნელობამდე.

ექსრაქტებში მოქმედი ნივთიერებების მაქსიმალურად შენარჩუნების მიზნით ფარმაცევტულ მრეწველობაში დაკონცენტრირებას აწარმოებენ არაუმეტეს 50^0C ტემპერატურაზე, რაც შეესატყვისება 70 კპა სიდიდის ვაკუუმს. ზოგ შემთხვევაში აოთრქლება–დაკონცენტრირება მიმდინარეობს უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, ზოგჯერ – უფრო მაღალზე, მაგრამ არაუმეტეს 90^0C –სა.

დაკონცენტრირების პროცესში ტემპერატურის გარდა მოქმედი ნივთიერებების დანაკარგებზე მოქმედებს აორთქლების ხანგრძლივობაც. მოცემულ ტემპერატურაზე სითბოს მოქმედება მით უფრო მავნეა, რაც უფრო ხანგრძლივად მიმდინარეობს აორთქლების პროცესი. ამ უკანასკნელის შემცირებას კი აღწევენ მძლავრი ამაორთქლებელი ვაკუუმ–აპარატებით.

ამრიგად, დასამზადებელი პროდუქტის ხარისხობრივი მახასიათებლების შესანარჩუნებლად უნდა განვიხილოთ ორი ფაქტორის მოქმედება: აორთქლების ტემპერატურის შემცირება და ამაორთქლებელი აპარატის სიმძლავრის გაზრდა. რომელ ფაქტორს მივანიჭოთ უპირატესობა განისაზღვრება ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ინდივიდუალურად. უმეტესწილად ამცირებენ აორთქლების ტემპერატურას, ვინაიდან ის დაკავშირებულია ნაკლებ დანახარჯებთან, ვიდრე მძლავრი ამაორთქლებელი დანადგარების გამოყენება.

ჩაის შროტის წყლიანი ექსტრაქტის კონცენტრირებას საწარმოო პირობებში ვახდენდით ორკორპუსიან «ლანგ»–ის ტიპის უნგრული წარმოების ვაკუუმ–ამაორთქლებელ აპარატში წარმადობით 30 კგ 3%–იანი კონცენტრაციის ექსტრაქტი წუთში. ექსტრაქტის აორთქლების ტემპერატურა პირველ კორპუსში იყო 70^0C, ხოლო მეორეში – 50^0C. აპარატიდან. გამოსვლის შემდეგ ექსტრაქტული ნივთიერებების კონცენტრაცია ექსტრაქტში შეადგენდა 29...31%–ს. ამის შემდეგ ტუმბოთი ექსტრაქტი გადაგვქონდა პერიოდული ქმედების ვაკუუმ აპარატში და 70-75 კპა ვაკუუმის ქვეშ 60...65 ^0C ტემპერატურაზე კონცენტრირდებოდა 50%–მდე.

ჩაის წყლიანი ექსტრაქტებიდან განსხვავებით ჩაის შროტიდან მიღებული ექსტრაქტი განთავისუფლდებულია პიგმენტების, ალკალოიდებისა და რიგი სხვა ორგანულ გამხსნელში ხსნადი ნივთიერებებისაგან და ადვილად ექვემდებარება დაკონცენტრირებას. ამას გარდა, გამორიცხულია ქაფის წარმოქმნის შესაძლებლობა.

პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენს ჩაის შროტის წყლიანი ექტსრაქტის დაკონცენტრირების პროცესში ანტიტოქსიდანტური აქტიურობის ცვალებადობის ხასიათის დადგენა. საანგარიშო მონაცემები მოყვანილია ცხრ.12–ში.

ცხრილი 12

დაკონცენტრირების პროცესში ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ცვალებადობის დინამიკა (3%–იან კონცენტრატზე გადაანგარიშებით), $S_{შრ}/S_{ეტ}$

ანტიოქსიდანტური აქტიურობა, როცა H ტოლია,%	ექსტრაქტის კონცენტრაცია, %				
	3	10	30	40	50
40	6,1	5,7	5,5	5,4	5,3
60	7,0	6,5	6,0	5,7	5,5
70	8,7	7,8	7,0	6,5	6,3
90	10,3	9,3	8,5	8,0	7,7

როგორც ვხედავთ, კონცენტრირების პროცესში ადგილი აქვს ანტიოქსიდანტური აქტიურობის შემცირების ტენდენციას. ამასთან, რაც მეტია ჩაის შროტის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი, მით ინტენსიურად მიმდინარეობს ანტიოქსიდანტური აქტიურობის დაცემა. ამასთან, არის პირდაპირი კავშირი ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობასა და ჩაის საწყისი ნედლეულის ხარისხს შორის. აღნიშნული გარემოება, ჩვენი აზრით, დაკავშირებულია ჩაის კატექინებისა და სხვა ანტიოქსიდანტური ნაერთის დაშლით და ჟანგვით.

როგორც წარმოდგენილი მასალებიდან ჩანს, ჩაის ფოთლის ორგანული გამხსნელით ექსტრაჰირების შემდეგ დარჩენილი შროტის წყლით ექსტრაქცია და ექსტრაქტის 50 %-მდე დაკონცენტრირება არ არის დაკავშირებული რაიმე სირთულესთან.

4.4. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა და აპარატურული გაფორმება

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატის წარმოების ტექნოლოგიური სქემა ნაჩვენებია ნახ.24-ზე, ხოლო ნახ.25-ზე მოცემულია წარმოების აპარატურული გაფორმების შესაძლო ვარიანტი.

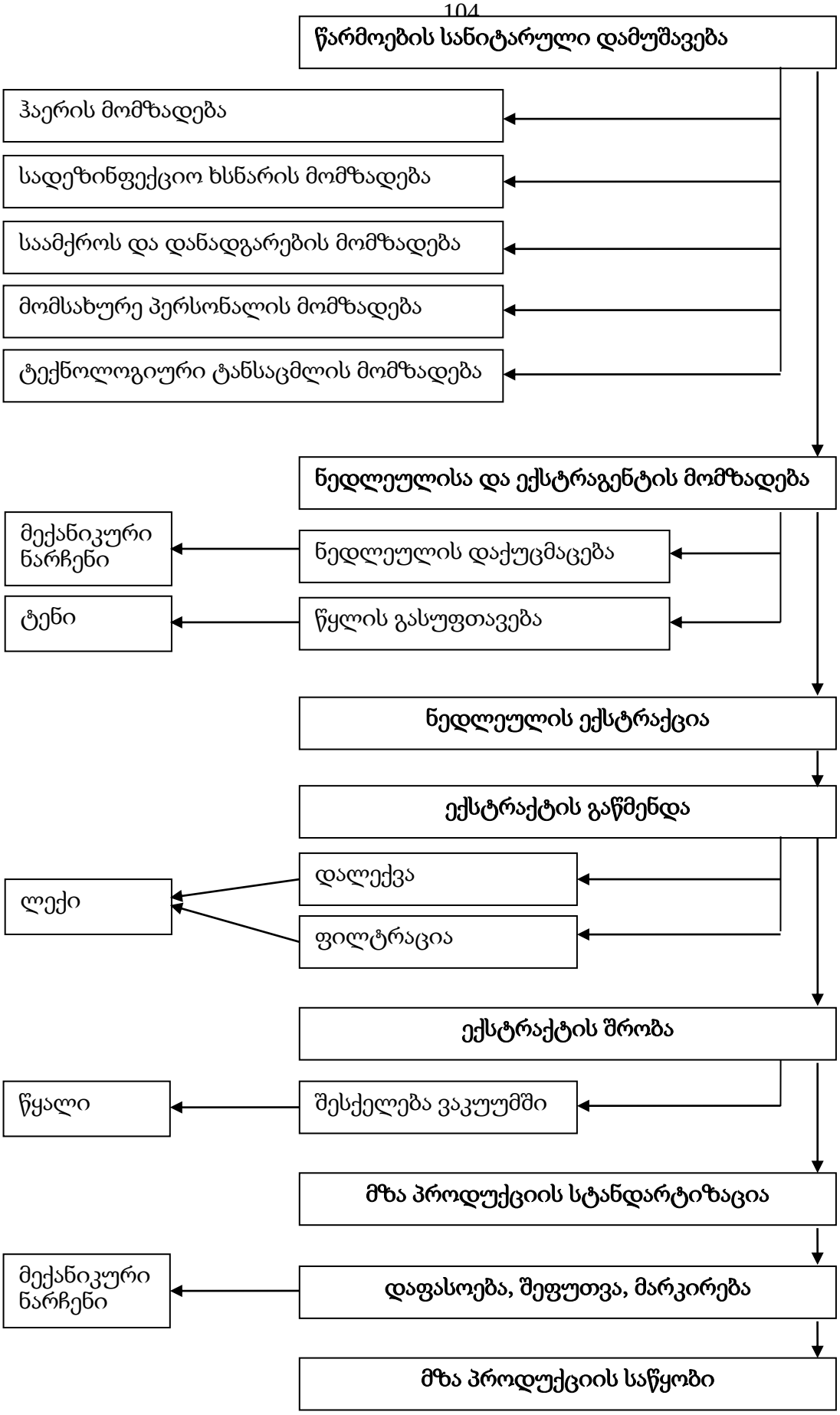
წარმოების (საამქრო, ტექნოლოგიური დანადგარები, მომსახურე პერსონალის ტანსაცმელი) სანიტარული დამუშავების შემდეგ დაქუცმაცებული ჩაის ფოთლის შროტი მიეწოდება საექსტრაქციო დანადგარს 1 ექსტრაგენტთან (გასუფთავებულ წყალთან) ერთად. ჩაის შროტის წყლით ექსტრაქცია 65 ^0C ტემპერატურაზე 60 წუთის განმავლობაში, როცა თანაფარდობა წყალსა და შროტს შორის 8 ლ/კგ–ს ტოლია; ექ-სტრაქციის პროცესში ყოველ 10 წუთში ერთი წუთის განმავლობაში ხდება ექსტრაქ-ტორის პულსაცია 3,0 წ$^{-1}$ სიხშირითა და 1 მმ ამპლიტუდით.

ექსტრაქტორიდან 1 გამოთანილი ექსტრაქტის ფილტრაცია ხდება ორ ეტაპად. ჯერ ხდება ფილტრაცია ღვინის ფენოვან ფილტრებში 2, ხოლო შემდეგ მისი გადატანა სატუმბი მოწყობილობით 7 ფილტრ–დამაყოვნებლებში 2...3 საათის გან-მავლობაში, რის შემდეგაც წარმოებს ექსტრაქტიდან ლექისა და ნარჩენების მოცილება.

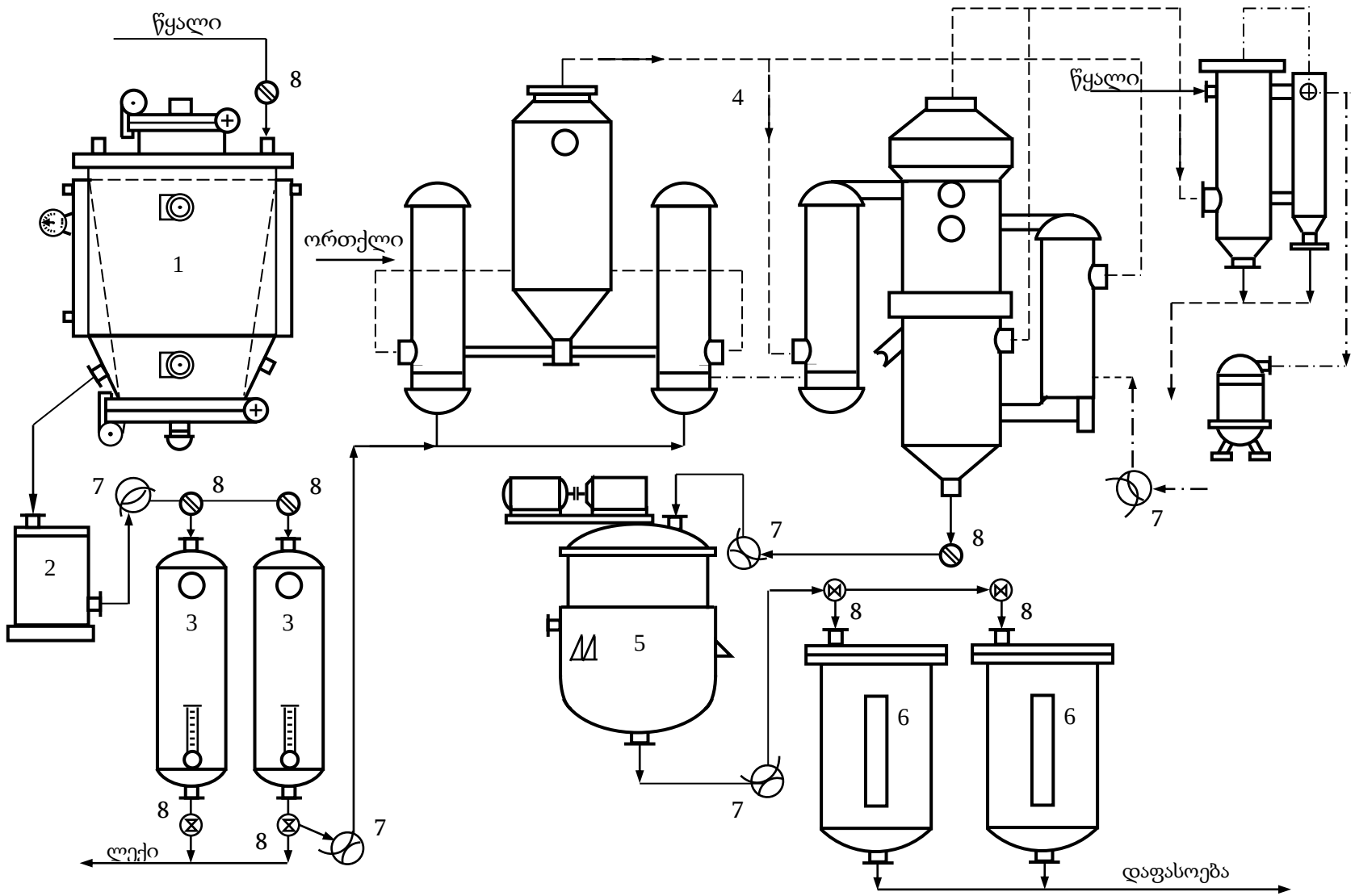
ექსტრაქტის შრობა-კონცენტრირება წარმოებს ორ ეტაპად: ჯერ ორკორპუსიან «ლანგ»–ის ტიპის ვაკუუმ–ამაორთქლებელ აპარატში 4 საშუალოდ 30% კონცენტრაცი-ამდე, ხოლო შემდეგ – ამრევიან პერიოდული ქმედების ვაკუუმ–ამაორთქლებელ აპა-რატში 5, სადაც ექსტრაქტი კონცენტრირდება 50 %-ამდე. ორივე შემთხვევაში და-კონცენტრირების ტემპერატურა 65...70 ^0C -ს არ აღემატება.

დაკონცენტრირებული თხევადი კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატი გადაიტუმბება ემალირებუს ემალირებულ ავზებში 6, საიდანაც ხდება ნიმუშების აღება და ხარისხის კონტროლი (სტანდარტიზაცია).

ამგვარად დამზადებული კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატი მიეწოდება დასაფასოებლად და ფასოვდება მინის ჰერმეტულად დახურულ ჭურჭელში ფარმაკოპეას მოთხოვნების შესაბამისად.



ნახ.24. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის მიღების ტექნოლოგიური სქემა



ნახ.25.ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის წარმოების აპარატურული გაფორმება: 1-ექსტრაქტორი; 2-ფილტრი; 3-დამყოვნებლები; 4-ვფრეემ-ამაორთქლებელი **„ლანგი“**; 5-ვაკუუმ-ამაორთქლებელი პერიოდული; 6-რეზერვუარი; 7-ტუმბო; 8-ვენტილი

წარმოების ძირითადი ნარჩენია ჩაის შროტის ექსტრაჰირების შემდეგ დარჩენილი ჩენჩო. ის გამოიტვირთება ექსტრაქტორიდან და შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი მიკროელემენტების კონცენტრატების საწარმოებლად ან სასუქად სოფლის მეურნეობაში. წარმოების ნარჩენს განეკუთვნება ექსტრაქტის ფილტრაციის შედეგად დარჩენილი ლექი ორგანული გამხსნელის შესაძლო მინარევით, რომელიც ჩაედინება კანალიზაციაში.

უსაფრთხოების ტექნიკის მხრივ საექსტრაქციო დანადგარი აღჭურვილია საკონტროლო–მარეგულირებელი და დამცველი მოწყობილობებით, როგორებიცაა თერმორეგულატორი, წნევის სარქველი, დროის რელე და სხვა. გათვალისწინებულია საწარმოო პროცესების ზოგადი უსაფრთხოების ღონისძიებები.

4.5. კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები

ანალიზს ექვემდებარება საბოლოო პროდუქტის, კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატის, სიმკვრივე, სიბლანტე, ექსტრაქტული ნივთიერებები, გარდატეხის მაჩვენებელი, რომლებიც ხორციელდება სახელმწიფო ფარმაკოპეას მოთხოვნების მიხედვით.კატექინების კომპლექსის ჯამური შემცველობა და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა განისაზღვრება მეექვსე თავში მოყვანილი მეთოდიკით, როცა ეტალონად გამოიყენება კვერცეტინი. აიღება ხუთი გაზომვიდან საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა.

შემუშავებული ტექნოლოგიური სქემით მიღებული ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის თხევადი პრეპარატის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები შემდეგია:

- ექსტრაქტული ნივთიერებების მასური კონცენტრაცია - 501 გ/დმ^3;
- ფენოლური ნაერთების მასური კონცენტრაცია - 291,1 გ/დმ^3;
- კატექინების კომპლექსების ჯამური კონცენტრაცია - 151,1 გ/დმ^3;

- ანტიოქსიდანტური აქტიურობა (ეტალონი - კვერცეტინი) - არანაკლები - 6;
- სიმკვრივე - 1,09-1,13 გ/სმ^3;
- ფერი - გამჭვირვალე მოყვითალო მომწვანო, ღია;
- გემო - დამახასიათებელი მომწარო მწკლარტე;
- სური - არ შეიმჩნევა;
- ჟანგვისადმი მიდრეკილება - ადვილად იჟანგება ჟანგბადის არეში, სინათლისა და ტუტეების ზემოქმედებით და გარდაიქმნებიან ფერადი კონდენსაციის პროდუქტებად მაღალმოლეკულურ პოლიფენოლურ ფორმათაც კი;
- ფლუორესცენცირება - ულტრაიისფერი სხივებით ფლუორესცენცირდება და ხასიათდება ყვითელი მოყავისფრო ფლუორესცენციით;
- ხარისხობრივი რეაქციები - კატექინები ქმნიან ჟოლოსფერ-მოწითალო შეფერილობას 1%-იანი ვინილინის ხსნარში კონცენტრირებულ მარილმჟავაში;
- მძიმე მეტალების შემცველობა, არაუმეტესი $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ %.
-

5. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის მოქმედების ფარმაკოლოგიური შეფასება

5.1. ანტიბაქტერიული აქტიურობის შესწავლა

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ანტიბაქტერიული აქტიურობის შეფასება ვაწარმოვეთ თხევად არეში ორჯერადი სერიული განზავების მეთოდით. პრეპარატი გამოვიკვლიეთ 20-დან 0,009 მგ/მლ კონცენტრაციებამდე. ტესტ-ობიექტებად გამოვიყენეთ შემდეგი სახის მიკროორგანიზმები: Staphylococus aureus, Proteus vulgaris, Echerichia coli, Streptococcus faccelis, Pseudomonas aureginosa.

მიკრობული დატვირთვა შეადგენდა 250 ათას უჯრედს 1 მლ გამოსაკვლევ პრეპარატიან ბაქტერიების კულტურაში, რომლებიც გამოგვყავდა 18-20 საათის განმავლობაში თერმოსტატში 37°C ტემპერატურაზე. კონტროლად ვიღებდით ბაქტერიის კულტურას პრეპარატის გარეშე. ცდებს ვიმეორებდით სამ-ოთხჯერ.

გამოკვლევების შედგები ცხადყოფენ, რომ 20-დან 0,009 მგ/მლ კონცენტრაციებამდე კატექინების კომპლექსის პრეპარატი ანტიმიკრობული აქტიურობით არ ხასიათდება.

5.2. ბიომასტიმულირებელი აქტიურობის შესწავლა

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ბიომასტიმულირებელი აქტიურობის შეფასებას ვახდენდით კონტროლთან შედარებით. კონტროლად ვღებულობდით „ბადაგი + Saccharomyces cerevisiae”.

პრეპარატი გამოვცადეთ 6,5; 3,25; 1,6; 0,81; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025 მგ/მლ კონცენტრაციებზე. ბიომასტიმულირებელ აქტიურობაზე პრეპარატს ვამოწმებდით საფუარზე Saccharomyces cerevisiae, რომელიც ინკუბირდებოდა 18 საათის განმავლობაშიძლიერ განზავებულ (0,6%-იან) ბადაგში. ამ უკანასკნელს ემატებოდა სხვადასხვა კონცენტრაციის გამოსაცდელი პრეპარატი.

საფუარის ზრდა და გამრავლება, როგორც საცდელ, ისე საკონტროლო ვარიანტებისათვის, განისაზღვრებოდა ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე КФК-2 სხივის გატარების კოეფიციენტის გაზომვით (T). საფუარის უჯრედების რაოდენობას საცდელ და საკონტროლო ნიმუშებში ვპოულობდით დასაკალიბრებელ მრუდზე, რომლის ასაგებადაც ვამზადებდით საფუარის სუსპენზიებს, ვზომავდით მათში სხივების გატარების კოეფიციენტებს და, ამასთანავე გორიაევის კამერაში ვსაზღვრავდით ყოველ მილილიტრ სუსპენზიაში უჯრედების რაოდენობას. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრ. 13-ში.

ცხრილი 13

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის გავლენა საფუარის ზრდასა და გამრავლებაზე

№	პრეპარატის კონცენტრაცია, მგ/მლ	ФЭК-ის მაჩვენებელი	საფუარის უჯრედების რაოდენობა 1 მლ სუსპენზიაში
1	6,5	0,446	$6,6\times10^{6}$
2	3,25	0,755	$2,2\times10^{7}$
3	1,60	0,946	$5,1\times10^{7}$
4	0,81	1,0	$5,8\times10^{7}$
5	0,40	0,939	$4,9\times10^{7}$
6	0,20	0,938	$4,9\times10^{7}$
7	0,10	0,927	$4,7\times10^{7}$
8	0,05	0,888	$4,2\times10^{7}$
9	0,025	0,919	$4,7\times10^{7}$
10	0,065	0,744	$2,0\times10^{7}$
11	კონტროლი	0,826	$3,2\times10^{7}$

როგორც ვხედავთ, კატექინების კომპლექსის პრეპარატი ახდენს ბიომასტიმულირებელ მოქმედებას საფუარის ზრდასა და გამრავლებაზე კონცენტრაციებით 3,25-დან 0,025 მგ/მლ. სატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატი 1,6 მგ/მლ-დან 0,1 მგ/მლ კონცენტრაციამდე ახდენს მასტიმულირებელ გავლენას კონტროლთან შედარებით:

1. 1,6 $vu/vk = \frac{5,1\times10^7}{3,8\times10^7} = 1,6;$

2. 0,81 $vu/vk = \frac{5,8\times10^7}{3,2\times10^7} = 1,8;$

3. 0,4 $vu/vk = \frac{4,9\times10^7}{3,2\times10^7} = 1,5;$

4. 0,1 $vu/vk = \frac{4,7\times10^7}{3,2\times10^7} = 1,47.$

ამრიგად, ჩატარებული ცდების სერიების შედეგები გვიჩვენებენ, რომ ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატი ფლობს გამოხატულ მასტიმულირებელ მოქმედებას, რაც გამოისახა საფუარის ზრდასა და გამრავლებაში.

5.3. სპაზმოლიზური აქტიურობის შესწავლა

ჩაის ფოთლის კატექინური კომპლექსის პრეპარატის სპაზმოლიზური მოქმედების გამოკვლევა ჩავატარეთ ვირთხის წვრილი ნაწლავის იზოლირებულ ნაკვეთზე.რეაქცია რეგისტრირდებოდა კიმოგრაფზე იზოტონურ რეჟიმში წვრილი ნაწლავის ნაკვეთის შემცირებას ვიწვევდით ინკუბაციურ არეში 1×10^6M დოზით კარბოხოლინის შეყვანით. ამ რეაქციის სიდიდე წარმოადგენდა კონტროლს (K_1). შემდგომ ნაწლავს ვრეცხდით, თიროდის ხსნარში ინკუბირების შემდეგ კამერაში შეგვყავდა გამოსაკვლევი სუბსტანცია ინკუბაციურ არეში ვუმატებდით კარბოხოლინს იგივე კონცენტრაციით. რეაქცია წარმოადგენდა საცდელს (K_2). ამ რეაქციის რეგისტრაციისა და ნაწლავის გამორეცხვის შემდეგ ვიმეორებდით კონტროლს და ამ რეაქციას აღვნიშნავდით K_3-ით. პრეპარატის კონცენტრაციას ინკუბაციურ არეში გამოვითვლიდით ცხოველთა ორგანიზმში სითხის საერთო შეცველობის გათვალისწინებით. მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრ. 14-ში.

ცხრილი14

კარბოხოლინის მოქმედებით ვირთხის წვრილ ნაწლავის ნაკვეთის შემცირების სიდიდეზე კატექინური კომპლექსის პრეპარატის გავლენა

პრეპარატის კონცენტრაცია, მგ/კგ	K_1	K_2	K_3
370	19,3 6,8	25,7 5,1	17,3 4,5
900	18,0 2,4	22,7 4,1	20,7 1,7
1500	17,3 5,5	15,0 2,7	18,3 6,2

როგორც ვხედავთ, ჩაის ფოთლის კატექინური კომპლექსი არ მოქმედებს წვრილი ნაწლავების ხოლინდამოკიდებული შემცირების სიდიდეზე და, შესაბამისად, ასეთი პირობებისათვის არ ხასიათდება სპაზმოლიზური აქტიურობით.

5.4. მწვავე ტოქსიკურობის შესწავლა

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის მუცლის აპსკშიგა დიდი დოზებით შეყვანისას მოცულობით 1 მლ თეთრ თაგვებში შეინიშნებოდა ინტოქსიკაციის ნიშნები, გამოხატული ჰიპოდინამიით, აპეტიტის დაცემით, სუნთქვის გახშირებით. ცხოველები იხოცებოდნენ სუნთქვის შეჩერების შედეგად პრეპარატის შეყვანიდან 1-2 დღეში. თუ მხედველობაში მივიღებთ იმ ფაქტს, რომ პრეპარატი მცენარეული წარმოშობისაა, ჩაის პრეპარატის სტარტულ დოზად მივიღეთ 1000 მგ თაგვის მასის კილოგრამზე გადაანგარიშებით. თეთრი თაგვების დეტალურობაზე ჩაის პრეპარატის გავლენა, მისი მუცლის აპსკსშიგა შეყვანისას წარმოდგენილია ცხრ. 15-ის მონაცემებით.

როგორც ვხედავთ, ყველა თაგვი გადარჩა ცოცხალი. ცდები გავიმეორეთ ისე, რომ საწყის დოზად მივიღეთ 6000 მგ/კგ თაგთის მასის. შედეგები მოყვანილია ცხრ.16-ში.

ცხრ. 16-ში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ ოთხი ცხოველი დაიღუპა პრეპარატის მიღებისას დოზებით 8000, 9000, 10000 და 11000 მგ/კგ თაგვის მასაზე გადაანგარიშებით. შემდგომში ცდები ჩავატარეთ დოზების ინტერვალით 250 მგ/კგ.

ყოველ ჯგუფში შედიოდა 6 ცხოველი. შედეგები მოყვანილია ცხრ.17-ში.

ცხრილი 15

ჩაის კატექინური კომპლექსის პრეპარატის გავლენა მუცლის აპსკის შიგა შეყვანისას თეთრი თაგვების დეტალურობაზე

№	პრეპარატის დოზა,მგ/კგ	თაგვის მასა, გ	პრეპარატის საანგა-რიშო დოზა, მგ	ცოცხალი	დაღუპული
1	1000	20	20	ცოცხალი	-
2	2000	18	36	ცოცხალი	-
3	3000	20	60	ცოცხალი	-
4	4000	20	80	ცოცხალი	-
5	5000	23	115	ცოცხალი	-
6	6000	20	120	ცოცხალი	-

ცხრილი 16

ჩაის კატექინური კომპლექსის პრეპარატის გავლენა თეთრი თაგვების ლეტარუობაზე მუცლის აპსკის შიგა შეყვანისას

№	პრეპარატის დოზა,მგ/კგ	თაგვის მასა, გ	პრეპარატის საანგა-რიშო დოზა, მგ	ცოცხალი	დაღუპული
1	6000	20	120	ცოცხალი	-
2	7000	20	140	ცოცხალი	-
3	8000	18	144	-	დაიღუპა
4	9000	18	162	-	დაიღუპა
5	10000	18	180	-	დაიღუპა
6	11000	20	220	-	დაიღუპა

შემდგომში LD_{50} განვსაზღვრეთ კარბერის მიხედვით ფორმულით:

$$LD_{50} = LD_{100} - \frac{\frac{M-n}{2} \times (a-b)}{K},$$

სადაც a – საანგარიშო დოზაა;

b - წინა დოზაა;

M - საანგარიშო დოზიდან დაღუპული ცხოველების რიცხვია;

n - წინა დოზით დაღუპული ცხოველების რიცხვია;

K - - ჯგუფში ცხოველთა რაოდენობაა.

გვაქვს:

$$LD_{50} = 7500 - \frac{3 \times 250}{6} = 7375 \text{ მგ/კგ}$$

ვანგარიშობთ სარწმუნო ინტერვალებს კარბერის მიხედვით. მონაცემები მოყვანილია ცხრ. 17-ში.

ცხრილი 17

კარბერის მიხედვით სარწმუნო ინტერვალების გაანგარიშება.

დოზა, მგ/კგ	გადახრა საშუალოდან	გადახრის კვადრატი
6750	625	390625
7000	375	140625
7250	125	15625
7500	125	15625
7750	375	140625
8000	625	390625

$$0 = \pm\sqrt{\frac{1093750}{6}}427$$

$$m = \frac{427}{\sqrt{6-1}} = 194.$$

თუ მივიღებთ, რომ M=7375 მგ/კგ ძევს 95%-ში, ანუ თუ P=0,05, მაშინ სარწმუნო ინტერვალები t=2,0 შმთხვევაში იქნება: 7375±388 [221].

პრეპარატის პერორალური შეყვანისას მაქსიმალური კონცენტრაციით ცხოველთა სიკვდილიანობა არ აღნიშნულა.

დაღუპული ცხოველების გაკვეთით აღინიშნა ჰემოდინამიკური დარღვევები სისხლსავსე ძარღვების სახით სტაზის გამოვლინებით. ფილტვებში გამოიკვეთა სისხლით ინეცირებული ძარვები, ემფიზების ცაოკეული კერები. გაკვეთილი გულის კამერებში აღინიშნა სისხლის ზომიერი რაოდენობა. ტვინის გარსის ძარღვები

გაფართოებულია და ავსებულია სისხლით. შიგა ორგანოების პათომორფოლოგიური დათვალიერებისას აღინიშნა ყველა გამოკვლეული ორგანოს ზომიერი სისხლსავსეობა.

მიღებული შედეგები ცხვდყოფენ, რომ ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატი მწვავე ტოქსიკურობაზე გამოკვლევებით განეკუთვნება პრაქტიკულად არატოქსიკურ ნივთიერებებს კ.კ. სიდოროვის კლასიფიკაციით [222].

5.5. პრეპარატის ადგილობრივ-გამაღიზიანებელი მოქმედების შესწავლა

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ადგილობრივ-გამაღიზიანებელი მოქმედება შევისწავლეთ ზღვის გოჭებზე მასით 250-300 გ. კანზედა აპლიკაციების მეთოდით ფარმაკოლოგიური კომიტეტის მოთხოვნების შესაბამისად (რუსეთის ფედერაცია, მეთოდური რეკომენდაციები, 1988). ცდებში გამოვიყენეთ 10 ცხოველი. 2 2 სმ ზომის გაპარსულ გვერდით ზედაპირზე, ტანის შუა ნაწილში, ზღვის გოჭზე დაგვქონდა 0,5 გ გამოსაცდელი პრეპარატი (სამკურნალო ფორმა). კანზედა აპლიკაციებს ვატარებდით კვირაში 5-ჯერ (სულ 30 აპლიკაცია). პრეპარატი დაგვქონდა მთელ მონაკვეთზე თანაბრად მინის ფრთით. პირველ ტესტირებას ვატარებდით 10 აპლიკაციის შემდეგ. შედეგი იყო უარყოფითი, ანუ კანის იმ ნაწილზე, სადაც პრეპარატი იყო დაყვანილი, რაიმე ცვლილებას ადგილი არ ჰქონია - არ გამოვლენილა გაღიზიანების დამახასიათებელი რაიმე მოვლენა. მეორე ტესტირება ჩავატარეთ 20 აპლიკაციის შემდეგ. ამის შემდეგაც აპლიკაციის ადგილზე რაიმე ტიპის გაღიზიანება არ აღინიშნა.

ამრიგად, მიღებული შედეგების საფუძველზე შეგვიძლიტა დავასკვნათ, რომ ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის ხანგრძლივი გამოყენებით საცდელი ცხოველების კანზე რაიმე სახის გართულებას ან ცვლილებას ადგილი არ ჰქონია. შესაბამისად, საცდელი პრეპარატი არ ხასიათდება ადგილობრივ-გამაღიზიანებელი აქტიურობით.

5.6. პრეპარატის ალერგიული მოქმედების შესწავლა

ცდებში გამოვიყენეთ 10 მამალი ზღვის გოჭი მასით 300-400 გ. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის 3%-იანი ხსნარი დისტილირებულ წყალში შეგვყავდა ზღვის გოჭის ყურის კანში. საკონტროლოდ ვიყენებდით დისტილირებულ წყალს. ალერგიის ინტენსივობას ვსაზღვრავდით კანის წვეთოვანი სინჯის გზით ინექციიდან მე-12 დღეს [223]. მიღებულ შედეგს ვაფასებდით 6 ბალიანი სისტემით: 0 - შესამჩნევი რეაქცია არ არის; 1- სუსტი ერითემა (კანის სიწითლე); 2 - ზომიერი ერითემა; 3 - ზომიერი კეროვანი ერითემა; 4 - უწყვეტი კეროვანი ერითემა; 5 - მკვეთრი უწყვეტი ერითემა; 6 - მკვეთრი ერითემა, კანის მნიშვნელოვანი გასქელება, კეროვანი ჰემორაგიები და გამოვლინება. კანის ნაკვეთებს ვღებავდით ჰემატოქსილინ-ეოზინით.

გამოსაცდელი სამკურნალო ფორმის გამოყენებისას რეაქცია შეფასდა 0 ბალით ალერგიული დერმატიტის სიმპტომები არ გამოვლენილა.

ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ფარმაკოლოგიური შეფასების შედეგები ჩვენს მიერ გამოქვეყნებულია სამეცნიერო სტატიის სახით [224], ასევე მოხსენებულია საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციაზე „მცენარეული ექსტრაქტების ქიმია და ტექნოლოგია“ (ქუთაისი, აწსუ, 2011 წ).

6. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის სტანდარტიზაცია

ჩაის ფოთოლში, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სხვადასხვა რაოდენობით და სხვადასხვა ბიოლოგიური აქტიურობით რამდენიმე კატექინი შედის, მათგან ყველაზე გავრცელებულია კატექინი, ეპიკატექინი, გალოკატექინი, ეპიგალოკატექინი, კატექინგალატი, ეპიკატექინგალატი, გალოკატექინგალატი და ეპიგალოკატექინგალატი. ნაჩვენებია, რომ კატექინების კომპლექსის მთლიანი შედგენილობიდან მწვანე ჩაიში, ხარისხისა და ადგილმდებარეობის მიხედვით, 50-70% ეპიგალოკატექინ გალატია, 8-12% - ეპიკატექინგალატი, ეპიგალოკატექინი - 10-20%, 2-8% ეპიკატექინი, ხოლო დანარჩენი კატექინების ჯამი - 5%-ზე ნაკლებია. შესაბამისად, ანალოგიური სიტუაციაა ჩაის მწვანე ფოთლის ორგანული გამხსნელით ექსტრაჰირების შემდეგ დარჩენილ შროტშიც.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილია ვიმსჯელოთ არა ცალკეულ კატექინზე, არამედ ჩაის ფოთლის შროტის კატექინების კომპლექსზე და მის ბიოლოგიურ აქტიურობაზე [225].

კატექინების კომპლექსის ანტიოქსიდანტური თვისებები მნიშვნელოვანია არა მარტო ორგანოებსა და ორგანიზმის სისტემებზე პოზიტიური მოქმედებით, არამედ საკვები პროდუქტების ჟანგვითი პროცესების შესანელებლად ან თავიდან ასაცილებლად და სამკურნალო პრეპარატების სტაბილიზაციისათვის.

მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ სტანდარტიზაციას დაექვემდებაროს კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ანტიოქსიდანტური აქტიურობისა და პრეპარატში კატექინების საერთო რაოდენობის განსაზღვრა. ორივე შემთხვევაში გამოვიყენებთ ამპერომეტრულ მეთოდს, რომელიც აღწერილია ნაშრომის მეორე თავში. კატექინების კომპლექსის განსაზღვრის სხვა სტანდარტული მეთოდები საჭიროებენ დროისა და საშუალებების მნიშვნელოვან დანახარჯებს. კატექინების განსაზღვრა მაღალეფექტური სითხის ქრომატოგრაფირებით ამპერომეტრული, კონდუქტომეტრული ან მას-სპექტრომეტრული დეტექტორის გამოყენებით არ საჭიროებს ხანგრძლივ დროს, მაგრამ დანადგარის მაღალი ღირებულება ზღუდავს ამ მეთოდის გამოყენების არეალს.

ანალიზისათვის ვიღებდით ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატს (50%-იანი წყალხსნარი), რომელსაც ვაზავებდით გასუფთავებულ წყალში 3%-იან კონცენტრაციამდე.

შესადარებლად ვიღებდით ჩაის ფოთლის კატექინების ეტალონს, რომელიც წინასწარ მიიღება ჩაის მწვანე ჰაერმშრალი ფოთლისაგან. ვამზადებდით ამ ეტალონის სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარს გასუფთავებულ წყალში და ხელსაწყოზე „ცვეტიაუზა - 01 აა“ (იხ. თავი 2). ვსაზღვრავდით ეტალონური კატექინების კომპლექსის წყალში კონცენტრაციის სიდიდის დამოკიდებულებას ნიმუშის დაჟანგვის დენის სიდიდეზე (ცხრ. 18). დენის სიდიდე I გარკვეულ კონცენტრაციაზე C აიღებოდა როგორც ხუთი მიმდევრობითი აღმწარმოებლობის საშუალო არითმეტიკული (ნახ.5). მიმდევრობითი დოზირებისას აღმწარმოებლობის საშუალო კვადრატული ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს 5%-ს.

ცხრილი 18

ჩაის ფოთლის კატექინების ეტალონის წყალში კონცენტრაციის ჟანგვის დენზე დამოკიდებულების საანგარიშო მონაცემები

№	საანგარიშო მონაცემები						
	I, მკA	C, მგ/ლ	C^2	I^2	I·C	(I+C)	$(I+C)^2$
1	14	30	900	196	420	44	1936
2	29	60	3600	841	1740	9	7921
3	43	90	8100	1849	3870	133	17689
4	52	120	14400	2704	6240	172	29584
5	67	150	22500	4489	10050	217	47089
6	81	180	32400	6561	14580	261	68121
7	87	210	44100	7569	18270	297	88209
8	110	250	62500	12100	27500	360	12900
Σ	483	1090	188500	36309	82670	1574	390149

წრფივი კორელაციის მეთოდით ცხრ.19-ში მოცემული მონაცემებით ვსაზღვრავთ:

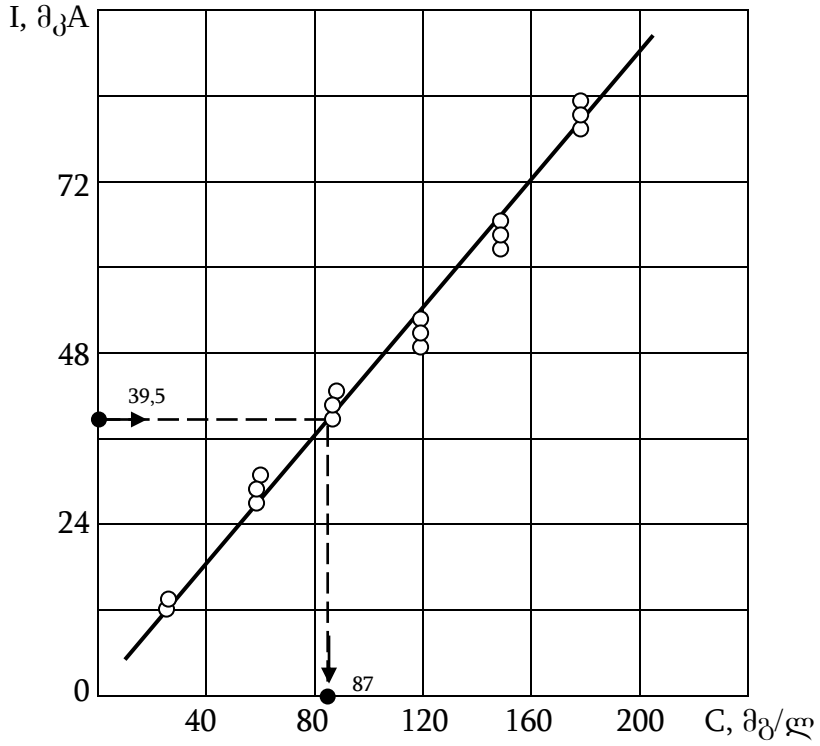
$$\bar{I} = 60{,}375; \quad \bar{C} = 136{,}250; \quad \sigma_I = 29{,}892; \quad \sigma_C = 70{,}719.$$

ამ დროს კორელაციის კოეფიციენტმა მიიღო მნიშვნელობა 0,997, რაც მაღალი მაჩვენებელია და მიუთითებს **I** და **C** სიდიდეების მჭიდრო კავშირზე.

წრფივ კორელაციის განტოლებას აქვს სახე:

$$\mathbf{C=2{,}358 \cdot I - 6{,}132.} \qquad [\text{მგ/ლ}] \qquad (20)$$

წრფივი კორელაციის მიღებული განტოლებით ავაგეთ საკალიბრო მრუდი, რომელიც მოცემულია ნახ.26-ზე.



ნახ.26. ეტალონური კატექინების კომპლექსის წყალში კონცენტრაციის სიდიდესა და მისი ჟანგვის დენის სიდიდეს შორის დამოკიდებულების საკალიბრე მრუდი

შემდგომში ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის წყალხსნარების ამპერომეტრული გაზომვების შედეგებს ვადარებთ საკალიბრე მრუდს და ვსაზღვრავთ გამოსავლევ ნიმუშებში კატექინების კომპლექსის შემცველობას ფორმულით:

$$X = \frac{CV}{m}, \qquad (21)$$

სადაც X - კატექინების კომპლექსის შემცველობაა გამოსაკვლევ ნიმუშებში, მგ/ლ;

C - კატექინების ეტალონური კომპლექსის შემცველობაა (კონცენტრაციაა) წყალხსნარში, მგ/ლ;

m - კატექინების კომპლექსის პერაპარტის აღებული ნიმუშის მოცულობაა, მლ;

V - კატექინების კომპლექსის პრეპარატის წყალხსნარის მოცულობაა, მლ. ვღებულობთ: V=1500 მლ; m= 1 მლ.

კატექინების კომპლექსის შემცველობის განსაზღვრის მეთოდიკა შემდეგია:

პრეპარატში 1 მლ მოცულობის ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის

თხევად პერაპარატს ვხსნით 20 მლ გასუფთავებულ წყალში. ხელსაწყოზე (ნახ.4) ჟანგვის დენის სიდიდის მიხედვით ფორმულით (20) ან გრაფიკულად (ნახ.26) ვპოულობთ კატექინების კომპლექსის კონცენტრაციის სიდიდეს ეტალონის წყალხსნარისათვის, ხოლო ემპირიული კორელაციური განტოლებით ვიგებთ პრეპარატში კატექინების კომპლექსის რეალურ სიდიდეს.

წარმოდგენილი მაგალითის მიხედვით ხუთი მიმდევრობითი აღმწარმოებლობის საშუალოარითმეტიკული შეესაბამება C=87 მგ/ლ ეტალონური კატექინების კომპლექსის კონცენტრაციას წყალში. კატექინების კომპლექსის შემცველობა გამოსაკვლევი პრეპარატის ნიმუშში იანგარიშება ფორმულით (21):

X=130500 მგ/ლ, ან 130,5 მგ/მლ

კატექინების კომპლექსის შემცველობის ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრ.19-ში. ამასთან პრეპარატი მიღებულია ჰაერმშრალი ჩაის მწვანე ფოთლის ტრიქლორეთილენით ექსტრაქციის შემდეგ დარჩენილი შროტის ექსტრაქციის შედეგად წყლით ოპტიმალურ პირობებში (იხ.თავი 4). ჩაის საწყის ნედლეულში ნაზი ფრაქციის ხვედრითი წილი იყო 75%. მიღებული ექსტრაქტი კონცენტრირდებოდა ვაკუუმ-ამაორთქლებელ აპარატში ისე, რომ მისი დუღილის ტემპერატურა არ აღემატებოდა 70°C-ს, 50% კონცენტრაციამდე.

ცხრილი 19

პრეპარატში კატექინების კომპლექსის შემცველობის მეტროლოგია

№	კატექინების კომპლექსის შემცველობა		
	X+ΔX	S	ε, %
1	128,1±2,2	2,67	6,25
2	129,8±3,1	2,88	7,15
3	130.5±2,8	2,70	6,68
4	131,1±2,9	2,77	7,04

როგორც ვხედავთ, ამპერომეტრული მეთოდი მეტად მოსახერხებელი და ადვილად განასახორციელებელია ჩაის კატექინების კომპლექსის თხევად პრეპარატში კატექინების კომპლექსის რაოდენობრივი შემცველობის დასადგენად.

კატექინების კომპლექსის თხევადი კონცენტრატის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის მეთოდიკა შემდეგია:

ამ შემთხვევაში ეტალონად ვიღებთ კვერცეტინის 3%-იანი წყალხსნარის ანტიოქისდანტურ აქტიურობას. სრულად მეთოდური საკითხები მოცემულია

ნაშრომის მეორე თავში. გამოსაკვლევი ხსნარის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა განისაზღვრება მიმდევრობით 5 დოზირების საშუალო არითმეტიკულით. მაგალითი მოცემულია ნახ.5-ზე. მოცემული მაგალითის მიხედვით გამოსაკვლევი ხსნარის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა შეადგენს საშუალოდ 6,45 ერთეულს. ანალიზი ტარდება შემდეგი თანმიმდევრობით:

- 1 მლ კატექინების კომპლექსის თხევად პრეპარატს (50%-იანი წყალხსნარი) ვაზავებთ 1500 მლ გასუფთავებულ წყალში უშუალოდ ანალიზის წინ. პარალელურად ვამზადებთ კვერცეტინის 3%-იან ხსნარს წყალში;
- ხელსაწყოზე „ცვეტიაუზა - 01 აა“ ვსაზღვრავთ მიმდევრობით ხუთი დოზირების აღმწარმოებლობით (ჟანგვის დენის სიდიდით) როგორც საცდელი პრეპარატის, ისე ეტალონის სიგნალების სიდიდეს (ნახ.5);
- გამოსავლევი ნიმუშის ანტიოქსიდანტურ აქტქიურობას კვერცეტინთან შედარებით გამოვითვლით როგორც

$$\mathbf{AOA = S_{\text{პრეპარატი}}/S_{\text{ეტალონი}},}$$

რომლებიც აიღება მიმდევრობით 5 დოზირების სიგნალების საშუალო არითმეტიკულები.

ჩაის ფოთლის კატექინების თხევადი პრეპარატის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის (კვერცეტინთან მიმართებაში) მეტროლოგიური მახასიათებლები მოყვანილია ცხრ.20-ში

ცხრილი 20

პრეპარატის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის მეტროლოგია

(ეტალონი + კვერცეტინი)

№	ანტიოქსიდანტური აქტიურობა, $AOA=S_{\text{ნიმუშ}}/S_{\text{ეტალ.}}$		
	$X \pm \Delta X$	S	ε, %
1	6,12±0,33	2,11	4,71
2	6,71±0,42	3,06	4,80
3	6,54±0,28	2,64	3,97
4	6,63±0,47	2,95	4,32

ამრიგად, ჩაის ფოთლის კატექინების თხევადი პრეპარატი წარმოადგენს ძლიერ ანტიოქსიდანტს, რომლის აქტიურობა კვერცეტინთან შედარებით 6-ჯერ მეტია (სხვა თანაბარ პირობებში). განსაზღვრის მეთოდი მარტივია, მიმდინარეობს რეალურ დროში (სულ 2-3 წთ) და არ საჭიროებს რაიმე სპეციალურ განათლებას.

ძირითადი დასკვნები

1. ნაჩვენებია, რომ კატექინების კომპლექსის უნიკალურად მაღალი კონცენტრაცია და ანტიოქსიდანტური აქტიურობა ჩაის ფოთოლს ხდის არა მარტო განსაკუთრებული პროფილაქტიკური მნიშვნელობის ძვირფას კვების პროდუქტებად, არამედ ადამიანის ყველაზე უფრო გავრცელებული დაავადებების სამკურნალო-პროფილპქტიკურ საშუალებად. იმ დაავადებებისა, რომელთა პათოგენეზშიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს თავისუფალრადიკალური ჟანგვის, კერძოდ, ლიპიდური პეროქსიდაციის აქტივაცია.

2. ლაბოლატორიული გამოკვლევების შედეგებით დადასტურებულია, რომ ჩაის ფოთლის ორგანული გამხსნელით ექსტრაჰირების შემდეგ დარჩენილი შროტიდან ბიოლოგიურად აქტიური წყალხსნადი ნივთიერებების გამოსავლიანობასა და ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ შემდეგი ძირითადი ფაქტორები: ექსტრაქციის ტემპერატურა და ხანგრძლივობა, გამხსნელის (წყლის) და ჩაის შროტის თანაფარდობა, ჩაის შროტის საწყის ნედლეულში ჩაის ნაზი ფოთლის შემცველობა, ასევე ექსტრაქციის პროცესში. საექსტრაქციო მასის პულსაციის პარამეტრები. დადგენილია აღნიშნული ფაქტორების ძირითადი დონეები და ტექნოლოგიურად გამართლებული ვარირების ინტერვალები.

3. რეალიზებულია საწარმოო ექსპერიმენტის ცენტრალური კომპოზიციური როტატაბელური დაგეგმვის ოთხფაქტორიანი მატრიცა, სადაც ოპტიმიზაციის პარამეტრებად შევიდნენ ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტური აქტიურობა, ჩაის შროტიდან ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავლიანობა და ენერგოდანახარჯები ერთეული ნედლეულის (ტონა) გადამუშავებაზე. პროცესის ანალიზისა და შედეგების ინტერპრეტაციისათვის მიღებულია შესაბამისი ადეკვატური რეგრესიის განტოლებები.

4. ლაგრანჟის განუსაზღვრელ მამრავლთა კლასიკური მეთოდით დადგენილია ექსტრაქციის ოპტიმალური რეჟიმები, რის შედეგადაც დამუშავდა წარმოების ტექნოლოგიური სქემა აპარატურული გაფორმების ავტორისეული ვარიანტით.

5. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ფარმაკოლოგიური შეფასებით დადგენილია, რომ ის ფლობს გამოხატულ ბიომასტიმულირებელ მოქმედებას, არ ხასიათდება სპაზმოლიზური, ადგილობრივ-გამაღიზიანებელი და ანტიმიკრობული აქტიურობით, კ.კ.სიდოროვის კლასიფიკაციით განეკუთვნება პრაქტიკულად არატოქსიკურ ნივთიერებებს.

6. დადგენილია ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები. შემუშავებულია პრეპარატის სტანდარტიზაციის თანამედროვე ამპერომეტრული მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს ანტიოქსიდანტური აქტიურობისა და პრეპარატში კატექინების საერთო რაოდენობის განსაზღვრას. დადგენილია აღნიშნული მახასიათებლების მეტროლოგიური პარამეტრები.

ლიტერატურა

1. Опарин А.И. Получение чайного концентрата из формовочного материала //Биохимия чайного производства.-1946.-Сб.5.-С.1.53-161.
2. Опарин А.И. Биохимическая теория чайного производства //Биохимия чайного производства.-1935.-Сб.1.-С.6-16.
3. Опарин А.И., Шуберт Т.А. О дыхательных окислительных системах чайного листа /Биохимия чайного производства. М.: АН СССР.-1950.-Сб.6. -С.82-90.
4. Курсанов А.Л., Колесников П.А., Крюкова Н.Н. Методы химического контроля чая //Биохимия чайного производетва.-1937.-Сб.3.-С.7-48.
5. Курсанов А.Л. К вопросу о действительном содержании дубильных веществ в листьях чая //Биохимия чайного производства. 1950. -Сб.6. -С.197-200.
6. Курсанов А.Л., Букин В.Н., Поволоцкая К.Л., Запрометов М.Н. Биологическое действие чайного танина //Биохимия чайного производства.-1950. -Сб.6. -С.170-180.
7. Кирсанов А.Л., Запрометов М.Н., Ерофеева Н.Н. Р -витаминная активность катехинов чайного листа //Биохимия.-1952. -17. -С.729-733.
8. Синтез и превращение дубильных веществ в чайном растении. Курсанов А.Л. -М.: АН СССР. -1952.
9. Биохимия катехинов. Запрометов М.Н. -М.: Наука.-1964.
10. Запрометов М.Н. Количественное определение катехинов при их раздельной хроматографии на бумаге //Физиология растений.-1958. -№5. -С.296-302.
11. Основы биохимии фенольных соединений. Запрометов М.Н. -М.: Высшая школа.-1974.
12. Биохимия чая и чайного производства. Бокучава М.А. -М.: АН СССР - 1958.
13. Биохимические основы производства лао-ча и зеленого кирпичного чая. Бокучава М.А. -М.: АН СССР. -1955.
14. ჩაის წარმოების ბიოქიმია და ტექნოლოგია: მ.ა. ბოკუჩავა. თბილისი: საქ. სასოფლო მეურნეობის ინსტიტუტი 1962.
15. Бокучава М.А. Научные основы новой технологии производства черного чая //Биохимия чайного производства. 1959. -Сб.7. -С.10-12.
16. Бокучава М.А. Растворимый чай и пищевые красители //Субтропические культуры. -1985, №2. -С.65-71.
17. Бокучава. М.А., Букин В.Н., Ерофеева Н.Н., Попов В.Р. Р -витаминная активность различных типов чая //Докл.АН СССР. -1956. -III. С.I52-156.

18. Бокучава М.А., Бердяева С.И. Бактериостатические и бактерицидные свойства отдельных фракции чайного танина, по отношению к некоторым микробам кишечной группы //Биохимия чайного производства. -1959. -Сб.7. -С. 209-213.
19. Джемухадзе К.М., Хочолава Р.И. Результаты производственного испытания способа производства чая путем быстрого и глубокого замораживания /Субтропические культуры. -1973. -№2/124/. -С. 27-№1.
20. ультура и производство чая в Китайской народной республике. Джемухадзе К.М.- М.: АН СССР. -1961.
21. Основы биохимического контроля чайного производства. Джемухадзе К.М. -М.: АН СССР. -1958.
22. Технология чая. Хочолава И.А.-Тбилиси: Ганатлеба.-1972. /на гуз. яз/.
23. Ароматизация чая. Воронцов В.Е. -Тбилиси.-1939.
24. Биохимия чая. Воронцов В.Е. -М.: Пищепромиздат. -1946.
25. Робертс Е.А. Природа окисленных фенольных соединений черного чая //Биохимия чайного производства. -1959. -Сб.7. -С.133-142.
26. Робертс Е.А. Оценка качества чаев с помощью химического анализа //Биохимия чайного производства.- 1962. -Сб.9. -С.149-157.
27. Харебава Г.И. Производство чая в китае //Бюлл.ВНИИЧиСК.-1957. -№2. -С.116-126.
28. Харебава Г.И. Влияние температуры и продолжительности завяливания па качество чая //Бюлл.ВНИИЧП. -1963. -№1/14/. -С.17-22.
29. Пруидзе Г.Н.,Технологические и биохимические исследования процессов производства быстрорастворимого чая //Автореф.дисе.канд.техн. наук. -М.: МИНХ. -1965.-30 с.
30. Пруидзе Г.Н, Разработка прогрессивной технологии производства зеленого чая //Автореф.дисс.докт.техн.наук. -М.:МТИПП. 1990. - 45 с.
31. Орагречидзе Н.И. Исследование танино-катехинового комплекса в процессе производства черного чая //Диссерт.докт.техн.наук. -Кутаиси. -ГГУСХ. -2000. -215 А.
32. Пруидзе М.Р. Фенольные соединения черного байхового чая и их роль в Формировании готовой продукции //Автореф.дисс.канд.техп.наук. -Сухуми, ГИСХ. -1982. -24 с.
33. Хоперия Р.М. О Р - витаминной активности чая, полученного по новей технологии //Бюлл. ВНИИЧП. -1981. -№34. -С.71-75.
34. Биохимия и технология зеленого кирпичного чая. Лазишвили Л.А. -Батуми: Сабчота аджара. -1979.
35. Алхазов Ю.Г. Мировое производство чая за 1981-1990 гг. //Субтро-пические культуры.

-1993. -№1-2, -С. 104-109.

36. Двадцать лет Компании "Фореман" //Кафе и чай в России.- 1999. -4/9/.- С. 24-25.
37. Состояние и основные тенденции производства чая за рубежей //Обзор.инф.ГрузНИИНТИ. -Тбилиси: Пищевая промышленноеть.-1990. -Вып.8.
38. Временная технологическая инструкция по производетву черного и зеленого быстрорастворимого чая. Утверж. МПП СССР. -1977.
39. Временная технологическая инструкция по производству концентрата пищевого витаминосодержащего красящего из чайного сырья /ВТИ 18-97-79/. Утвержд. МПП ГССР. -1979.
40. Временная технологическая инструкция по производству черного растворимого чая. /ВТИ 18-34-10-81. Утвержден научяо-производственным объединением чайной промышленности. -1981.
41. Дзнеладзе З.Ю. Технологические основы производства обогащенного черного чая, жидких концентратов и безалкогольных чайных напитков //Автореф.дисс.докт.техн. наук. -Сухуми, ГИСХ. -1990. -42 с.
42. Летучие соединения чая. Харебава Л.Г. -Махарадзе.- 1982, Деп. №58-83.
43. Окислительно-восстановительные ферменты чайного растения и их роль в биотехнологии. Пруидзе Г.Н. -Тбилиси: Мецниереба. -1987.
44. Полифенольние соединения чайного листа и готового чая. Джинджолия Р.Р., Кобахидзе Ш.К. -Тбилиси: Мецниереба. -1987.
45. Барабой В.А. Противолучевые свойства чайных катехинов и других соединений, обладающих Р -витаминной активностью /Биохимия и прогрессивная технология чайного производства. -М.: Наука. -1966. -С.357-364.
46. Ядерное излучение и жизнь. Барабой В.А., Киричонекий Б.Р. -М.: Наука. - 1972.
47. Биологическое действие растительных фенольных соединений. Барабой В.А. -Киев: Наук.думка. -1976.
48. Ануфриев М. И. Витамин С в чае //Биохимия чайного производства. -М.: АН СССР. -1940. - Сб.4. -С.73-78.
49. Биохимия витаминов. Букин В.М. М.: Наука.-1982.
50. Егоров И.А. О витаминах группы "В" в чае //Биохимия чайного производства. 1950. -Сб.6. -С.180-185.
51. Чай и медицина. Мгалоблишвили Е.К., Цуцунава А.Я. -Батуми: Сабчота Аджара, 1975
52. Ahmad N.,Katiyar S.K., Mukhtar H. Cancer ehemoprevention by tea polyphenols. in: C. lonnides (Ed.). Nutrition and chemical toxicity. - Wiley. West Sussex. UK, 1998. pp.301-343.

53. Katiyar S.K., Mukhtar H. Tea in ehemoprevention of cancer: epidemiologic and experimental studies//Int. J. Oncol. 1996. 8. 221-228.
54. Katiyar S.K., Mukhtar H. Tea antioxidants in cancer ehemoprevention//J. Cell. Biochem. Suppll. 1997.27.59-67.
55. Cheng S., Ding L., Zhen Y., Lin P.,Zhu Y., Chen Y., Hu X. Progress in studies on the antimutagenicity and antieancirogenicity of green tea epicatechins//Chin. Med. Sci. J. 1991. 6. 233-238.
56. Kuroda Y., Hera Y. Antimutagenic and anticarcinogenic activity of tea polyphenols/ /Mutat. Res. 1999. 436. 69-97.
57. Shin J.S., Kang M.H., Kim Y.H., Roh J.K., Roberts C., Lee I.P. Chemopreventive effect of green tea (Camellia sinensis) among cigarette smokers//Cancer Epidemic). Biomarkers Prev. 1995.4.387-391.
58. Valcic S., Timmerman B.N., Alberts D.S. Wacchter G.A., Krutzsch M., Wymer J. Guillen J.M. Inhibitory effects of six green tea catechins and caffeine on the growth of tour seiected human tumor cell l ine//Anticaneer Grugs.1996.7.461-468.
59. Fujiki H., Suganuma M., Okabe S., Sueka N., Komori A., Sueka E., Kozi T., Tada Y., Suga K., Imai K., Nakachi K. Cancer inhibition by green tea//Mutat. Res. 1998. 402. 307-310.
60. Shiraki M., Hara Y., Osawa T., Kumon H., Nakayama T., Kawakishi S. Antioxidative and antimutagenic effects of theaflavins from biack .r . tea//Mutat. res. 1994. 323. 29-34.
61. Yang C.S., Wang Z.Y. Tea and cancer//J. Natl. Cancer Inst. 1993. 85. 1038-1049.
62. Weisburger J.H. Tea and health: the underlying mechanisms//Proc. Soc. Exp.Biol.Med. 1999. 220.271-275.
63. Yang C.S. Tea and health. Nutrition. 1999. 15. P. 946-949.
64. Mukhtar H., Ahmad N. Tea polyphenols: prevention of cancer and optimizing health / /Am. J. Clin. .Nutr.Suppl.2000. 71.1698S-1702S.
65. Antol M.N. Healing Teas. - New York: Avery Publishing Group. 1996.
66. Dalluge J.J., Nelson B.C. Determination of tea catechins//Review. J. Chromat. 2000. V. 881. P.411-424.
67. Lee M.J., Prabhu S., Meng X. et.ol. An improved Method for Determination of Green and Black Tea Polyphenols in Biomatrices by High-Performance Liquid. Chromatography with Coutometric Array Detection//Anal Biochem. 2000.№ 279. V. 164-169.
68. Bronner W.E.,Bucher G.R. Method for determining the content of eatechins in tea infusions by high-performance liquid Chromatography//J. Chromat. 1998.V.805. P.137-142.
69. Ding Y., Yu H., Mou S. Direct determination of free amino acids and sugars in green tea by anion-exchange Chromatography with integrated pulsed amperometric detection//J. Chromat.

2002. V.982. P.237-244.

70. Zuo Y., Chen H., Deng Y. Simultaneous determination of catechins. caffeine, and gallic acids in green. Oolong, black and pa-erh teas using HPLC with a photodiode array detector. - Talanta, 2002. V. 57. P. 307-316.
71. FingerA., Kuhr S., Engelhardt U.N. Chromatography of tea constituents//J. Chromat. 1992. V. 624.P.293-315.
72. Arce L., Rios A., Valcarcel M. Determination of anti-carcinogenic polyphenols present in green tea using capillary electrophoresis coupled to a flow injection system//J. Chromat. 1998. V. 827. P.113-120.
73. Cupta S., Soha B., Giri A.K. Comarative antimutagenic and anticlastogenic effects of green tea and black tea: a review//Mutation Research. 2002. V. 512.P.37-65.
74. Identification and determination off polyphenols in tea by liquid Chromatography with multi-channel electrochemical detection. 2000. 30. marth.
75. Хведелидзе В.Г., Гвинианидзе Т.Н. Парадоксальные аспекты биохимии и технологии чая /Тбилиси, Ганатлеба, 2004
76. Хведелидзе В.Г. Парадоксальные технологические аспекты грубого чайного листа /Тбилиси: Мецниереба, 2004. – 44 с.
77. Haslam E. Plant polyphenols. – Cambridge: Univ. Press. Cambridge, 1989. 272 с.
78. Запрметов М.Н. Фенольные соединения. – М.: Наука, 1993. 230 с.
79. Барабой В.А. Биологическое действие растительных фенольных соединений – К.: Наукю думка, 1976. – 230 с.
80. Rosinsky V., Michael Ch., Bors W. //Arch. Biochem. Biophis. – 2000. – V. 38 – P. 74-80.
81. Барабой В.А. Биоантиоксиданты. – К.: Книга плюсб 2006ю – 513 с.
82. Trevisanato S.J., Kim Y.J. //Nutr. Revs. – 2000. – v. 58. P. 1-10.
83. Graham H.N. Green tea composition, consumption and polyphenol chemistry //Prev. Med. – 1992. V. 21. – P. 334-350.
84. Lee K.W., Lee I.M. Anioxidant Activity of Black Tea vs. Green Tea //J. Nutr. – 2002. – V.132. – P. 785-5.
85. Liu Y.L., Juan I.M., Chen Y.L. et al. Composition of polyphenols in fresh tea leaves and associating of their ozigen-radical-absorbing capaciti with antiproliferative actions in fibroblast cells //J. Agric. Food Chem. – 1996. – V. 44. – P. 1387-1394.
86. Vinson J.A., Dabbagh Y.A., Serry M.M., Jang I. Plant Flavonoids, Especially Tea Flavonols, Are Powerfull Anioxidants Using an in Vitro Oxidation Model for Hearst Disease //Ibid. – 1995. – V. 43. – P. 2800-2802.
87. Webb T. Green tea experiments in lab, clinic yield mixed results //J. Nat. Canser Inst. –

2000. – V. 92. – P. 1038-1059.

88. Price K.R., Rhodes M.J.C., Barnes K.A. Composition and Content of Flavonol Glycosides in Green Beans and Their Fate during Processing //J. Agric. Food Chem. – 1998. – V.46. – P. 2517-1522.
89. Kuba J., Morimitsu Y. Vytotoxicity of green tea flavor compotens against two solid tumor cells //Ibid. – 1995. – V. 43. – P. 1626-1628.
90. Hertog M.G.L., Hollman P.C.H., Putte B. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wine, and fruit juices //Ibid. – 1993. V. 41. P. 1242-1246.
91. Jang C.S., Wang Z.Y. Tea and cancer //J. Nat. Cancer Inst. – 1993. V. 85. – P. 1038-1049.
92. Bors W., Hellers W., Michel C., Saran M. Redical chemistry of flavonoid antioxidants //Antioxidants in therapy and preventive medicine /Ed. B. Emerit. – N. Y.: Plenum Press, 1990. – V.1. – P. 165-170.
93. Bombardelli E., Morazzoni P. The flavonoids: new perspectives in biological antivities and therapeutics //Chim. Oggi. – 1993. – V. 11. – P. 25-28.
94. Van Acker S.A.B.E., Tromp M.N.J.L., Haennen G.R.M.M. Flavonoids as scavengers of nitric oxide redical //Biochem. Biophis. Res. Comm. – 1985. V. 214. – P. 755-759.
95. Schroeder P., Zhang H., Klotz L. O. et al. (-)-Epicatechin inhibits nitration and dimerization of tyrosine in hydrophilic as well hydrophobic enviroments //Ibid. – 2001. – V. 289. – P. 1334-1338.
96. Lin Y.L., Lin J.K. Epigalocatechin-3-galate blocks the induction of nitric oxide syntase by down-regulating lipopolysaccharide-induced activity of transcription factor NFkB //Molek. Pharmacol. – 1997. – V. 52. – P. 465-472.
97. Yokosawa T., Dong E., Nakagawa T., Kashiwagi H. In vitro and in vivo studies of the redical-acavenging activity of tea //J. Agric. Food. Chem. – 1998. – V. 46. – P. 2143-2150.
98. Pannala A.S., Chan T.S., O’Brien P.J., Rice-Evans C.A. Flavonoid B-ring chemistry and antioxidant activity: fast reaction kinetics //Biochem. Biophis. Res. Comm. – 2001. – V. 282. – P. 1161-1168.
99. Chang W.C., Hsu F.L. Inhibition of platelet activation and endothelial cell injury by flavan-3-ol and saikosaponin compounds //Prostaglandins, Leukot, Essent, Fatty Acids. – 1991. V. 44. – P. 51-56.
100. Aldini G., Yeun K.J., Krinsky N.J., Russell R.M. (-)-Epigallocatechin-(3)-gallate spares plasma lipid-soluble antioxidants, recycled vitamin E and prevents oxidative damage of both aqueous and lipid compartments in plasma //FASEB J. – 2002. V. 16. – Abstr. 1. – P. 1066.
101. HaA.E., Dean R.T., Davies M.J. Radical chemistry of epigallocatechin gallate and its

relevance to protein damage //Arch. Biochem. Biophis. – 2003. – V. 414. – P. 115-120.

102. Hatta A., Frei B. Oxidative modification and antioxidant protection of low density lipoprotein at high and low oxygen partial pressures //J. Lipid Res. – 1995. – V. 36. – P. 2385-2393.
103. Luo M., Kannar K., Waldquist M.C., O'Brien R.C. Inhibition of LDL oxidation by green tea extract //Lancet. – 1997. – V. 349. – P. 3360-3361.
104. Negre-Salvargre A., Salvarge R. Quercetin prevents the cytotoxicity of oxidized LDL on lymphoid cell lines //Free Radic. Biol. Med. – 1992. – V. 12. – P. 101-106.
105. Berg P.A., Daniel P.T. Effects of flavonoid compounds on the immune response //Piod. Vlin. Biol. Res. – 1988. – V. 280. P. 157-171.
106. Mackenzie G.G., Carrasquedo G., Delfino J.M. et al. Epicatechin, catechin and dimeric procyanidins inhibit PMA-induced NF-B activation at multiple steps in Jurkat T cells //FASEB J. – 2004. – V. 18. – P. 167-169.
107. Yen G.Ch., Chen H.J., Penn H.H. Antioxidant and prooxidant effects of various tea extracts //J. Agric. Food Chem. – 1997. – V. 45. – P. 30-34.
108. Roedig-Penman A., Gordon M.H. Antioxidant properties of catechins and green tea extracts in model food emulsions //Ibid. – 1997. – V. 45. – P.4267-4270.
109. Cao G., Sofic E., Prior R.L. Antioxidant capacity of tea and common vegetables //Ibid. – 1996. – V. 44. – P. 3426-3431.
110. Hayarawa F., Kimura T., Fujita M. et al. DNA cleavage reaction and linoleic acid peroxidation induced by tea catechins in the presence of cupric ion //Biochim. Biophis. Acta. – 1997. – V. 1336. – P. 123-131.
111. Yen G.Gh., Chen H.Y., Peng H.H. Antioxidant and pro-oxidant effects of various tea extracts //J. Agric. Food Chem. – 1997. – V. 45. – P. 30-34.
112. Guo Q., Zhao B., Li M. et al. Studies of protective mechanisms of four components of green tea polyphenols against lipid peroxidation in synaptosomes //Biochim. Biophis. Acta. – 1996. – V. 1304. – P. 210-222.
113. Wiseman S.A., Balentine D.A., Frei B. Antioxidants in tea //Crit. Rev. Food Sci. – 1997. – V. 37. – P. 705-718.
114. Hurrell R.F., Reddy M., Cook J.D. Inhibition of non-haem iron absorption in man by polyphenol-containing beverages //Br. J. Nurt. – 1999. – V. 81. – P. 289-295.
115. Guo Q., Yhao B., Shen Sh., Hou J. ESP study of the structure-antioxidant activity relationschip of tea catechins and their epimers //Biochim. Biophis. Acta. – 1999. – V. 1427. – P. 13-23.
116. Huang S.W., Frankel E.N. Antioxidant Activity of Tea Catechins in Different Lipid

Systems //J. Agric. Food Chem. – 1997. – V. 45. – P. 3033-3038.

117. Unten L., Koketsu M., Kim M. Antidiscoloring activity of green tea polyphenols on β-carotene //Ibid. – 1997. – V. 45. – P. 2009-2012.
118. Sawai Y., Sakaya K. NNMR annalitical approach to clarify the antioxidative molecular mechanism of catechins using 1,1-daphenyl-2-picrylhydrazyl //Ibid. – 1998. – V. 46. – P. 111-114.
119. Kondo K., Kurichara M., Mijata M. et al. Inhibition of LDL oxidation by cocoa //Arch. Biochem. Biophis. – 1999. – V. 362. – P.79-86.
120. Chen Z.Y., Zhu Q.Y., Wong Y.F. et al. Stabilizing effect of ascorbic acid on green tea catechins //J. Agric. Food Chem. – 1998. – V. 46. – P. 2512-2516.
121. Zhu Q.Y., Zhang A., Tsang D. et al. Stability of green tea catechins //Ibid. – 1997. – V. 45. – P. 4624-4628.
122. Loest H.B., Noh S.K., Koo S.J. Green tea extract inhibits the lymphatic absorption of cholesterol and (alpha)-tocopherol in ovariectomized rats //J. Nutr. – 2002. – V. 132. – P. 1282-1288.
123. Townsend P.A., Scarabelli T.M., Pasini E. et al. Epigallocatechin-3-gallate inhibits STAT-1 activation and protects cardiac myocytes from ischemia reperfusioninduced apoptosis //FASER J. – 2004. – V. 18. – P. 1621-1623.
124. Chisaka T., Matsuda H., Kabomuta Y., Mohizuki M. The effect of crude drugs on experimental hypocholesteremia; mode of action of (-)-epigallocatechin gallate in tea leaves //Chem. Pharm. Bull. – 1988. – V. 36. – P. 227-233.
125. Miura Y., Chiba T., Tomita Y. et al. Tea catechins prevent the development of atherosclerosis in apoprotein E-deficient mice //J. Nutr. – 2001. – V. 131. – P. 27-32.
126. Hodgson J.M., Groft K.D., Mori T.A. Regular ingestion of tea does not inhibit ivo lipid peroxidation in humans //Ibid. – 2002. – V. 132. – P.55-58.
127. Nygaard O.S., Refsum H., Uelaud P.M. Association of serum lipids with cofee, tea, and egg consumption in free living subjects //Am J. Clin. Nutr. – 1997. – V. 65. – P. 136-143.
128. Varilek G.W., Yang F., Lee E.J., Lee J.P. Green tea poliphenol extract attenuates inflammation in interleukin-2-deficient mice, a model of autoimmunity //J. Nutr. – 2001. – V. 131. – P. 2034-2039.
129. Adcock C., Collin P., Duttle D.J. Catechins from green tea inhibit bovine and human cartilage proteoglycan and type II collagen degradation in vivo //Ibid. – 2002. – V. 132. – P. 341-346.
130. Lin Y.L., Cheng Ch. Y., Lin Y.P. et al. Composition of polyphenoks in green tea leaves and assiciations of their oxygen-radical-absorbing capacity with antiproliferative action in

fibroflast cells //J. Agric. Food. Chem. – 1998. – V. 46. – P. 1893-1899.

131. Yen G.Ch., Chen H.Y. Antioxidant activity of various tea extracts in rekation to their antimutagenicity //Ibid. – 1995. – V. 43. – P. 27-32.
132. Samman S., Wall P.M.L., Cook N.C. Flavonoide and coronary heart disease: Dietary perspectives //Flavonoids ib health and disease /Ed C.A. Rice-Evans, L. Packer. – N.Y.: Marcel Dekker, 1998. – P. 469-481.
133. Sawsan I.K., Elias A.H.B., Zepure M.C. Tea extract inhibits intestinal absorbtion of the glocose and sodium in rat //Compt. Rend. Phisiol. – 1994. – 108 c. – P. 359-365.
134. Schaefer P., Klotz L.O., Buchczyk D.P. et al. Epicatechin sekectively prevents nitration but not oxidation reactions of peroxinitrate //Biochem. Biophis. Res. Comm. – 2001. – V. 285. – P. 782-787.
135. Wu L.Y., Juan Ch.Ch., Hwang L.S. et al. Effect of green tea supplementation on insulin sensitivity in Sprague-Dawley rats //Eur. J. Nutr. – 2004. – V. 43. – P. 116-124.
136. Nie G., Jin Ch., Cao Y. et al. Distinct effects of tea catechins on 6-hydroxydopamine induced apoptosis in PC12 cells //Arch. Biochem. Biophis. - 2000. – V. 397. – P. 84-90.
137. He Y., Shahidi F. Antioxidant activity of green tea and its catechins in a fish meat model system //J. agric Food Chem. – 1997. – V. 45. – P. 4262-4266.
138. Gaidos A., Gaidos-Toro K.M., Horn R. Action de la (+)-katechine sur le tissue hepatique de rat blanck soumis l'ethanol //Comp. Rend. Soc. Biol. – 1970 (1971). – V. 164. – P. 1967-1970.
139. He P., Noda Y., Sugiuama K. Green tea suoresses lipopolysaccharide-induced liver injury in d-galactosamine-sensitized rats //J. Nutr. – 2001. – V. 131. – P. 1560-1567.
140. Opplinger P. Das neue Buch vom grunen Nee. – Ausgabung: Midena, 1999. – 125 p.
141. Yang Ch. S., Cheng J.Y., Yang G.Y., Chhabra S.K. Tea and tea polyphenols in cancer prevention //J. Nutr. – 2000. – V. 131. – P. 1560-1567.
142. Lee K.W., Lee H.J. Antioxidant Activity of Black Tea vs. Green Tea // Ibid. – 2002. – V. 132. – 785-795.
143. Dreosti I.E. Bioactive ingredients: antioxidants and polyphenols in tea //Nutr. Revs. – 1996. – V. 54. – P. 551-558.
144. Sarkar A., Bhaduri A. Black tea is a powerful chemopreventor of reactive oxygen and nitrogen species: comparison with its individual catechin constituents and green tea // Biochem. Biophis. Res. Comm. – 2001. – V. 284. – P.173-178.
145. Lu J., Ho Ch.T., Ghai B., Chen K.Y. Differential effects of teaflavin monogallates on cell growth, apoptosis, and cox-gene expression in cancerous and normal cells //Cancer Res. – 2000. – V. 60. – P. 6465-6471.

146. Liao J., Yang G.Y., Li C. Growth inhibition, apoptosis induction, and H_2O_2 production in human bronchial cancer cell lines by black teaflavins and green tea catechins //PAA Cancer Res. – 1999. – V. 40. – P. 513-553.

147. Джемухадзе К.М., Бузун Т.А., Милешко Л.Ф., Бокучава В.К. Биохимические основы повышения питательных и пищевкусовых свойств чая //Тез. научн. сообщ. IV Всесоюз. биохим. съезда. – М.: Наука. – 1976. – Т.1. – С. 138.

148. Jansman A.J.M. Tannins in feedstuffs for simple stomashed animals //Nutr. Res. Revs. – 1993. – V. 6. – P. 209-236.

149. Han Chi, Xu Yong. The effect of Chinese tea on occurence of esophageal tumor induced by N-nitrosomethylbenzylamine in rats //Clin. J. Prev. Med. – 1989. – V. 23. – P. 67-70.

150. Tosseti F., Ferrari N., Flora S., Albini A. Angioprevention: angiogenesis is a common and key target for cancer chemopreventive agents //FASEB J. – 2002. – V. 16. – P. 2-14.

151. Bertoldi M., Gonsalvi M., Voltattorni C.B. Green tea polyphenils: novel irreversible inhibitors of dopa decarboxylase // Biochim. Biophis. Res. Commun. – 2001. – V. 284. – P. 90-93.

152. Agarwal R., Katiyar S.K., Zaidi S.J.A., Mukhtar H. Inhibition offskin tumor promoter-caused induction of epidermal ornithine decfrboxylase in SENCAR mice by polyphenolic fraction isolated from green tea //Cancer Res. – 1992. – V. 52. – P. 3582-3588.

153. Schewe T., Kuhn H., Sies H. Flavonoids of cocoa inhibit reombinant humen 5-lypoxygenase //J. Nutr. – 2002. – V. 132. – P. 1825-1829.

154. Cao Y., Cao R. Angiogenesis inhibited by drinking tea //Nature. – 1999. – V. 398. – N6726. – P. 381.

155. Bu-Abbas A., Clifford M.N., Ioannides C., Walker R. Stimulation of rat hepatic UDP-glocoronosyl transfarase activity following treatment with green tea //Foos chem. Toxicol. – 1995. – V. 33. – P. 27-30.

156. Keli S.O., Hertog M.G.L., Feskens E.J.M., Kroumhout D. Dietary flavonoids, antioxidant vitamins, and incidence of stroke. The Zutphen Study //Arch. Intern. Med. – 1996. – V. 156. – P. 637-642.

157. Yang C.S., Chen L., Lee M.Y. et al. Blood and urine levels of tea catechins after ingestion of different amounts of green tea by human volonters //Cancer Epidemiol. Biomark. Prev. – 1998. – V. 7. – P. 351-354.

158. Nakagawa K., Miyazawa T. Chemiluminescence-high performance liquid chromatographic determination of tea catexhin, (-)-epigallocatechin-3-gallate, at picomole levels in rat and human plasma //Anal. Biochem. – 1997. – V. 48. – P. 41-49.

159. Shahrzad S., Aoyagi K., Winter A. et al. Pharmacokinetics of gallic acid and its relative

bioalailability from tea in healthy human //J. Nutr. – 2001. – V. 131. – P. 1207-1210.

160. Donovan J.L., Crespy V., Manach C. et al. Catechin is Metabolized by Both the Small Intestine and Liver of Rats //Ibid. – 2001. – V. 131. – P. 1753-1757.
161. Yang C.S., Landau J.M. Effects of Tea Consumption on Nutrition and Health //Ibid. – 2000. – V. 130. – P. 2409-2412.
162. Барабой В.А. Фенольные сокдинения, Канцерогенез и опухлевый рост //Актуальные проблемы биологии и медицины. – 1993. – Т.1. – С. 107-120.
163. Keloff G.J., Crowell J.A., Steele V.T. et al. Progress in Cancer Chemoprevention: Development of Diet-Derived Chemopreventive Agents //J. Nutr. – 2000. V. 130. – P. 467-471.
164. Isemura M., Suzuki Y., Satoh K. et al. Effects of catechins on the mouse lung carcinoma cell adhesion to the endothelial cells //Cell Biol. Int. – 1993. – V. 7. – P. 559-564.
165. Berger S.J., Gupta S., Belfi Ch. A. et al. Green tea constituent (-)-epigallocatechin-3-gallate inhibits topoisomerase I activity in human colon carcinoma cells //Biochem. Biophys. Res. Commun. – 2001. – V. 288. – P. 101-105.
166. Singh A.K., Seth P., Antony P. et al. Green tea constituent epigallocatechin-3-gallate inhibits angiogenic defferentiation of human endothelial cells //Arch. Biochem. Biophys. – 2002. – V. 401. – P. 39-37.
167. Weber A.A., Neuhaus Th., Skah A. et al. Mechanisms of the inhibitiory effects of the epigallocatechin-3-gallate on platelet-derived growth factor – BB-induced cell signaling and motogenesis //FASEB J. – 2004. – V. 18. – P. 128-130.
168. Ahmad N., Mukhtar H. Green tea polyphenols and cancer: biologic mechanisms and practical implications //Nutr. Revs. – 1999. – V. 57. – P. 78-83.
169. Gupta S., Hussain T., Mukhtar H. Molekulare Leitungsbahn bei durch (-)-Epigallocatechin-3-Gallat-induziertem Ellzyklusstillstand und Apoptose der rostatakarzinomzellen bei Menschen //Arch. Biochem. Biophis. – 2003. – V. 410. – P. 177-185.
170. Sakanoto K., Ahmad N., Gupta S. Synergy of black and green tea polyphenols with genistein in inhibitory human prostate cancer cell growth //PAA Cancer Res. – 1999. – V. 40. – P. 531-599.
171. Weyant M.J., Carothers A.M., Dannenberg A.J., Bertagnolli M.M. (+)-Catechin inhibits intestinal tumor formation and suppresses focal adhesion kinase (FAK) activation in the Min/+mouse //Cancer Res. – 2001. – V. 61. – P. 118-125.
172. Li N., Sun H., Han C., Chen Y. The chrmopreventive effects of tea on human oral precancerous mucosa lisions //Proc. Soc. Exp. Biol. Med. – 1999. – V. 220. – P. 218-224.
173. Zheng W., Doyle T.J., Kushi L.H. et al. Tea consumption and cancer incidence in a

prospective cohort study of postmenopausal women //Am. J. Epidemiol. – 1996. – V. 144. – P. 175-181.

174. Sano T., Sasako M. Green tea and gastric cancer //N. Engl. J. Med. – 2001. – V. 344. – P. 675-676.
175. Ilysova D., Arab L., Martinchik A. Black tea consumption reduces risk of rectal cancer among woman in Moxkow //FASEB J. – 2001. – V. 15. – Adstr. 1. – A401.
176. Tsubono Y., Nishino Y., Komatsu Sh. Green tea and the risk of gastric cancer in Japan //N. Engl. J. Med. – 2001. – V. 344. – P. 632-643.
177. Acts J. C. W., Hollman P. C. H., Bas Bueno de Mesqita H. Dietary catechins aqnd ephitelial cancer incidence //Int. J. Cancer. – 2001. – V. 92. – P. 298-302.
178. Dong Z., Ma W. Y., Huang C. Inhibition of tumor-promoter induced activator protein 1 activation and cell transformation by tea polyphenols, (-)-epigallocatechin gallate and theaflavins //Cancer Res. – 1997. – V.57. – P. 4414-4419.
179. Yang Ch. S., Chung J. Y., Yang G. Y. Tea and tea polyphenols in cancer prevention //J. Nutr. – 2000. – V. 130. – P. 472-478.
180. Chen L., Lee M.Y., Yang C.S. Absorbtion, distribution, elimination of tea polyphenols in rats //Drung Metab. Dis. – 1997. – V. 25. – P. 1045-1050.
181. Zaweri N. T., Chao W. R. Synthetic analogs of green tea catechins and their in vitro and in vivo growth inhibition activity //Clin. Cancer Res. – 1999. – V. 5. – P. 3844-3868.
182. Moyers S. B., Kumar N. B. Green tea polyphenols and cancer chemoprevention: multiple mechanisms and endpoints for phase II trials //Nutr. Revs. – 2004. – V.62. – P. 204-211.
183. Wu A. H., Tseng C. C., van den Berg D., Yu M. C. Tea intake, COMT genotype, and breast cancer in Assian-American women //Cancer Research. – 2003. – V. 63. P. 7526-7529.
184. Курсанов А.А., Букин В.Н., Поволоцкая К.Л. Биологическое действие чайного танина //Биохимия чайного производства, 1950, 6, с. 170-171.
185. Агапова Е.В. Витамин Р из листьев чая //Автореф. дисс. кан. фарм. наук. – Млсква: 1965. – 27 с.
186. ხვედელიძე ვ., ღვინიანიძე თ. და სხვა. ჩაის ფოთლის ახალი არატრადიციული ტექნოლოგიური ასპექტები //საქართველოს ს/მ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 2007, 19. - გვ. 417-419.
187. ხვედელიძე ვ., გორგოძე გ., გეგეშიძე მ.,ბახტაძე მ. ექსტრაქციის მეთოდების გავლენა ჩაის ლიპიდური კომპლექსის ხარისხობრივ და რაოდენობრივ იშედგენილობაზე //Georgia Chemical Journal, 2008, 4, - 376-378 გვ.
188. ხვედელიძე ვ., გრიგოლაშვილი მ. ექსტრაქტორი მცენარეული ფხვიერი

მასალებისათვის //მეცნიერება და ტექნოლოგიები. 2006, 10-12, – გვ. 71-74.

189. ხვედელიძე ვ., მუშკუდიანი ნ. ჩაის შროტიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ექსტრაქცია //მეცნიერება და ტექნოლოგიები. 2004, 7-8, – გვ. 59-61.

190. Мегреладзе Т., Кипиани Н., Хведелидзе В. Технология биологически активных концентратов из чайного шрота /Тбилиси: Мецниереба, 2004. – 30 с.

191. Хведелиизе В.Г. Разработка и промышленное освоение технологии новых чайных продуктов /Дисс.докт.техн.наук. -Кутаиси: НЦ АН Грузии.-2004.

192. Физиология чая /Джемухадзе К.М..-М.: МГУ.-1975.

193. Экстрагирование лекарственного сырья /Пономарев В.Д. - М.: Медицина. 1976.

194. Жидкостная экстракция. /Альдере Л. -М.: Иностранная литература. - 1982.

195. Оборудование для производства растительных масел. /Гавриленко И.В. -М.: Пищевая промышленность. -1982.

196. Технологическое оборудование предприятий перерабатывающих отраслей АПК. /Драгилев А.И.,Дроздов В.С. -М.: Колос. -2001.

197. Процессы и аппараты микробиологических производств /Гапонов Г.П М.: Легкая промышленность. -1981.

198. Разработка способов получения растворимых видев чая с учетом опыта зарубежных чаепроизводящих стран/ Отчет о НИР по теме №04-75 ВНИИЧП. -Инв.№760824-6. -Махарадзе-Анасеули.-1975.

199. Основы сублимационной сушки пищевых продуктов /Поповский В.Г. -М.: Пищевая промышленность. -1967.

200. Линия для производства быстрорастворимого чая. Датская фирма "Ниро-Атомайзер". Пер.с английс. -М.: -1980.

201. Сосьете де Продьюитс Нестле С.А. Способ производства чайного экстракта /Патент № 436946 /Швейцария/. -Опуб. 14.05.1967. -Бюлл.№ 37.

202. Бибилеишвили В.И., Давиташвили А.В., Гвачлиани В.В. Обратный осмос /гиперфильтрация/ - прогрессивный метод концентрации пищевых растворов //Чай. Культура и производство. -Тбилиси: 1980. -№4/44/.-С. 36-40.

203. Гогисванидзе Л. Исследование технологических процессов экст-ракции и осветления экстракта при производстве растворимого в холодной воде чая /Автореф.дисс.канд.техн.наук. -Кутаиси: 1999. -38 с.

204. Микеладзе Г.Г., Лобжанидзе Д.Б., Кикнадзе Н.А. Способ получения сvхого концентрата чая быстрорастворимого в холодной воде /Авторс. свид.СССР, №516395.

- 1976. - Бюлл. №21.

205. Биохимия, технология и оборудование производства растворимого чая и концентратов. Пруидзе Г.Н., Пруидзе В.Н. -Тбилиси: Мецниереба. -1996. /на груз.яз./
206. Гинзбург И,А. Исследование процесса сублимационной сушки экстракта чая /Автореф.дисс.канд.техн.наук. -М.: МТИПП. -1972. -22 с.
207. Микеладзе Г.Г., Чивадзе М.О., Эбаноидзе Э.Г., Гогадзе Н.А., Дрепало М.Н. Способ производства сухих концентратов чая /Авторск.евид. СССР, № 366848. -23.01.1973. - Бюлл. № 8.
208. Лазишвили Л.А. К вопросу производства сгущенного чая // Чай. Культура и производство. -1983. - 2/27/. -С.46-54.
209. Концентрирование вымораживанием /Пак Л. -Пер.с венгер. под ред. В.Г.Комякова. - М.: Легкая и пищевая промышленность.-1982.
210. Пищевые концентраты /Бачурская Л.Д., Гуляев В.Н. - М.: Пищевая промышленность. -1976.
211. Пруидзе Г.Н., Чачуа Л.Ш., Ахвледиани К.Ш., Харебава Л.М. Промышленное производство сvхого концентрата чая //Чай. Культура и производство. -Тбилиси: -1982. - 1/49/. - С.27-34.
212. Гавтадзе Г.А., Фокин А.П., Маркович И.Д., Муштаев В.И. /Автор. свид. СССР, № 371912, Способ получения быстрорастворимого черного чая. - 01.03.1973. -Бюлл. №13.
213. Пруидзе Г.Н. Биохимические основы технологиис производства растворимого чая //Субтропические культуры. – 1978. - №2-3. – С. 220-222.
214. Пруидзе Г.Н. Получение сухого концентрата чая методом сублимационной сушки // Биохимия чайного производства. - М.: АН СССР. - 1962. -Сб. 5. -С.177-182.
215. Пруидзе Г.Н., Пруидзе В.Г. К вопросу изучения кинетики сублимационной сушки водного экстракта чая. //Тр. ГИСХ. -1968.-Т.2.-С.319-322.
216. Яшин Я.И., Рыжнёв В.Ю., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Природные антиоксиданты – надежная защита человека от опасных болезней и старения. М., 2008. С. 122.
217. Яшин А.Я., Яшин Я.И., Черноусова Н.И., Пахомов В.П. Новый прибор для определения природных антиоксидантов. М., 2005. -100 с.
218. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках//Рос.хим.ж., 2008, № 2.-С.130-135
219. ხვედელიძე ვ. ქიმიურ-ტექნოლოგიური ექსპერიმენტის მათემატიკური უზრუნველყოფა.-ქუთაისი, აწსუ, 2011. -106 გ.

220. ბახტაძე მ., ხვედელიძე ვ., კვანტიძე ვ. ჩაის სამეურნეო ნედლეულის და მისი შროტის წყალხსნადი ნივთიერებების გამოსავლიანობის პოგნოზირება //საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, 2009, № 1.-გ.70-72.

221. Батунер Л.М., Позин М.Е. Математические методы в химической технике.-Химия, Ленинград, 1971. -824 с.

222. Сидоров К. К. О классификации токсичночти ядов при перентенальных способах введения. В кн. Токсикология новых промышленных химических веществ. Москва: 1973. – С. 47-51

223. Меньшиков В.В., Делекторская Л.Н., Золотницкая Р.П. Лабораторные методы исследования в клинике. Москва: 1987. – 368 с.

224. ბახტაძე მ., კვანტიძე ვ. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის ფარმაკოლოგიური გამოკვლევების შედეგები //საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის "მცენარეული ექსტრაქტების ქიმია და ტექნოლოგია" ნაშრომთა კრებული/- ქუთაისი, აწსუ, 2011.-გ.36-42.

225. ხვედელიძე ვ., ბახტაძე მ. ჩაის ფოთლის კატექინების კომპლექსის პრეპარატის სტანდარტიზაცია//ჟ.NOVATION, 7, 2010. –C.96-100.