

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნანა თომაძე

მცენარეული საკვებ-პროფილაქტიკური ექსტრაქტების წარმოების პროცესულ-აპარატურული დამუშავება

სადოქტორო პროგრამა: მანქანათმშენებლობა, მანქანათმშენებლობა,
საწარმოო ტექნოლოგიური პროცესები

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა გ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი, 2014 წელი

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის კვების ინდუსტრიის დეპარტამენტში და საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრის ინოვაციური კვების პროდუქტების და ბიოპრეპარატების განყოფილებაში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტ.მ.დ. სრული პროფესორი
ზურაბ ჯაფარიძე

რეცენზენტები: ტ.მ.დ., სრული პროფესორი თამაზ მეგრელიძე
ქიმიის დოქტორი, ასოც. პროფესორი ლალი თაბატაძე

დისერტაციის დაცვა შედგება 2014 წ. ----- , -----
საათზე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის
სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე

მისამართი: 0175, ქ.თბილისი, კოსტავას 77, I კორპუსი,
აუდიტორია № 622-ბ

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცენტრალურ სამეცნიერო ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატისა – ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს
სწავლული მდივანი,
ასოცირებული პროფესორი

დ.ბუცხრიკიძე

ნაშრომის საერთო ღახასიათება

თემის აქტუალობა: უკანასკნელ წლებში მნიშვნელოვნად გაიზარდა მოთხოვნილება ბუნებრივი, ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების მიმართ, როგორც კვების პროდუქტების დანამატები. ასეთ ნაერთებს დიდი როლდენობით შეიცავს ველური მცენარეების მრავალი სახეობა.

საკვებ პროდუქტებზე ბიოლოგიურად აქტიური, ნატურალური დანამატების წარმოებისათვის მცენარეული ნედლეულის რაციონალური გამოყენება უაღრესად მნიშვნელოვანია. ჯეროვნად არ არის მეცნიერულად შესწავლილი და დასაბუთებული საქართველოში გავრცელებული მრავალი მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციული მახასიათებლები.

მცენარეული ნედლეულის გადამუშავების ძირითად ტექნოლოგიურ პროცესს წარმოადგენს ექსტრაქცია სელექციური თხევადი გამსხნელებით (ექსტრაგენტებით), რის შედეგადაც მიიღება ღირებული მიზნობრივი პროდუქტები. შესაბამისად, აღნიშნული პროცესის რეჟიმული პარამეტრების დასაბუთება და მაღალეფექტური საექსტრაქციო აპარატების შექმნა, აგრეთვე ექსტრაქტების წარმოების რაციონალური პროცესულ-აპარატურული გაფორმება **აქტუალური საკითხია**, რომლის განხორციელებაც ხელს შეუწყობს კვების წარმოებისა და მომიჯნავე დარგების სამეცნიერო-ტექნიკურ პროგრესს.

მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქტების წარმოების გაზრდისათვის ძალზე მნიშვნელოვანია შესაბამისი აპარატურის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების ამაღლება. ეს კი შესაძლებელია ექსტრაქციის ისეთი მეთოდების გამოყენებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ პროცესის ინტენსიფიკაციას.

სამუშაოს მიზანი და ამოცანები: სამუშაოს მიზანია მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის ახალი მაღალეფექტური მეთოდების კვლევა, შესაბამისი მოწყობილობების გაანგარიშებისა და კონსტრუირების მეთოდური საფუძვლების დამუშავება, ზოგიერთი მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის ტექნოლოგიური რეჟიმების დასაბუთება და წარმოების რაციონალური პროცესულ-აპარატურული სქემის დამუშავება.

ამ მაზნის მისაღწევად დასმული იყო შემდეგი ამოცანები:

- ლიტერატურული ანალიზის საფუძველზე ზოგიერთი გადასამუშავებელი მცენარეული ნედლეულის ძირითადი ექსტრაქციული მახასიათებლების შესწავლა;

- მცენარეული ნედლეულის “მყარი სხეული – სითხე” სისტემის ექსტრაჰირების ახალი მეთოდის და მოწყობილობის დამუშავება;

- საექსტრაქციო აპარატში მიმდინარე ჰიდროდინამიკური პროცესების ანალიზური გამოკვლევა;

- ექსტრაქციის პროცესის განმსაზღვრელი ცალკეული პარამეტრების გავლენის შესწავლა მიზნობრივი კომპონენტის გამოყოფის სიჩქარეზე;

- ექსტრაჰირების პროცესის ფიზიკური მოდელის შექმნა და მყარი, ფოროვანი სტრუქტურის ნედლეულიდან მიზნობრივი კომპონენტის ექსტრაჰირების პროცესის კინეტიკის ანალიზური გამოკვლევა;

- ჩვენი ქვეყნის მცენარეული საწარმოებო ბაზის მნიშვნელოვანი სახეობის - მთიანი რეგიონების მოცვის ნაყოფის ლაბორატორიული გამოკვლევა, მასში ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების შემცველობის განსაზღვრის მიზნით;

- ექსპერიმენტულ დანადგარზე კვლევების ჩატარება, პროცესის მიმდინარეობის ძირითადი კანონზომიერებების დადგენა და საწარმოო ექსპერიმენტის ოპტიმიზაცია;

- კვლევების საფუძველზე მოცვის ნაყოფის თხევადი, კონცენტრირებული და მშრალი ექსტრაქტების წარმოების ტექნოლოგიური სქემის დამუშავება და აპარატურული გაფორმება.

კვლევის ობიექტი: ორიგინალური კონსტრუქციის საექსტრაქციო აპარატი; საქართველოს მთიანი რეგიონების მოცვის ნაყოფი.

სამუშაოს მეცნიერული სიახლეა: ორიგინალური კონსტრუქციის ექსტრაქტორის დამუშავება, მასში მიმდინარე ჰიდროდინამიკური, დიფუზიური და კინეტიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირება, კონკრეტული მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის პროცესის კვლევა, ტექნოლოგიური რეჟიმების დასაბუთება და წარმოების პროცესულ-აპარატურული სქემის შექმნა.

სამუშაოს პრაქტიკული ღირებულება: მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქტორების განგარიშებისა და კონსტრუირებისათვის მეთოდური საფუძვლების შექმნა და ზოგიერთი მცენარეული ნედლეულის გადამუშავების ტექნოლოგიური რევიმების დასაბუთება; კვლევით მიღებული შედეგების პრაქტიკული რეალიზაცია საწარმოო პირობებში.

ნაშრომის აპრობაცია: ნაშრომის შედეგები მოხსენებული იყო საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე:

1. მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის ბიო-ფიზიკური მექანიზმი. “გამოყენებითი ქიმიის პრობლემები”. შრომათა კრებული. თბილისი: 2012.- 211-214 გვ.

2. მცენარეული ნედლეულის ინჟექტორული ექსტრაქტორის პარამეტრების ანალიზური კვლევა. ”მცენარეული ექსტრაქტების ქიმია და ტექნოლოგია”. ქუთაისი: 2011.- 8-11 გვ.

3. მეღვინეობის მეორადი ნედლეულის გადამუშავების პროცესის ენერგეტიკული შეფასება. “სურსათის უვნებლობის პრობლემები”. თბილისი: 2009.- 279-282 გვ.

სადისერტაციო ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა: სადისერტაციო ნაშრომი წარმოდგენილია კომპიუტერზე დაბეჭდილ 133 გვერდზე, შეიცავს 53 ნახაზს, 9 ცხრილს, შედგება: შესავლის, ლიტერატურის მიმოხილვის, შედეგების და განხჯის, ძირითადი დასკვნების, 68 დასახელების გამოყენებული ლიტერატურის და დანართისაგან.

ნაშრომის მოკლე შინაარსი

შესავალ ნაწილში განხილულია პერსპექტივები ჩვენს რესპუბლიკაში საკვებ-პროფილაქტიკური ექსტრაქტების წარმოების გაფართოების კუთხით. დასაბუთებულია ექსტრაქციული პროცესების მაღალეფექტური მეთოდების ძიების და რაციონალური კონსტრუქციის საექსტრაქციო აპარატების შექმნის აუცილებლობა.

განმარტებულია საკითხის აქტუალობა, ნაშრომის მიზანი, მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება, დასახულია კვლევის ამოცანები.

ლიტერატურის მიმოხილვაში გაანალიზებულია მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის ბიო-ფიზიკური მექანიზმი "მყარი სხეული-სითხის" სისტემაში. აღნიშნულია, რომ მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის მექანიზმის და მოქმედი ფაქტორების სწორად გაანალიზება ქმნის პროცესის რეკომენდებული პარამეტრების ოპტიმიზაციის წინაპირობას, აგრეთვე საექსტრაქციო აპარატების გაანგარიშებისა და კონსტრუირების მეთოდური საფუძვლების დამუშავების შესაძლებლობას.

გაანალიზებულია ექსტრაქციული პროცესების თეორიული კვლევების ძირითადი მიმართულებები, კერძოდ მოლეკულური და კონვექციური დიფუზიის მათემატიკური ფორმულირებები. აღნიშნულია, რომ მოყვანილ მათემატიკურ მოდელებში შემავალი ზოგიერთი ფიზიკური სიდიდის განსაზღვრა დაკავშირებულია დიდ სირთულეებთან, რაც აძნელებს არსებული თეორიების პრაქტიკულ გამოყენებას. ამდენად, არსებული თეორიული ბაზის შემდგომ განვითარებას ძალზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

მიმოხილვაში მოყვანილია ექსტრაქციის მეთოდების კლასიფიკაცია და გაანალიზებულია არსებული მოწყობილობების, ტექნოლოგიური და ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები.

ლიტერატურული მასალის ანალიზის საფუძველზე გაკეთებულია სათანადო დასკვნები. კერძოდ, ჩვენი რესპუბლიკის ველური მცენარეული სანედლეულო ბაზის რაოდენობის გათვალისწინებით მიზანშეწონილია დამუშავებული იყოს შედარებით მცირე მოცულობის და მწარმოებლობის, პერიოდული ქმედების საექსტრაქციო აპარატები მათში მიმდინარე პროცესის მაღალი ინტენსივობით.

შედეგების განსჯა

მცენარეული ნედლეულის ორიგინალური ექსტრაქტორის დამუშავება.

ექსტრაქციის მეთოდების და მოწყობილობების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ისინი ძალზე მრავალფეროვანია და განსხვავდებიან არა მარტო კონსტრუქციული აგებულებით, არამედ ტექნოლოგიური ეფექტურობით და ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებით. ძირითადი მოთხოვნები, რომლებიც უნდა დააკმაყოფილოს ნებისმიერი კონსტრუქციის აპარატმა არის საექსტრაქციო ნივთიერებების

მაქსიმალური გამოყოფა მინიმალური დროისა და მატერიალური დანახარჯების პირობებში.

ჩვენი რესპუბლიკის მცენარეული ნედლეულის ბაზის მასშტაბების გაითვალისწინებთ უფრო რაციონალურია პერიოდული ქმედების აპარატების შექმნა, რომლებშიც საჭირო მწარმოებლობა მიიღწევა პროცესის ინტენსიფიკაციის სათანადო მეთოდების გამოყენებით.

მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაციის ერთერთ მეთოდს წარმოადგენს თხევადი და მყარი ფაზების აქტიური ბარბოტირება. ჩვენს მიერ დამუშავებულ კონსტრუქციაში ეს მეთოდი განხორციელებულია ექსტრაგენტის ცირკულირებით ჩაკეტილ ციკლში ჭავლური ტუმბოს მოქმედების პრინციპით. ნახ.1-ზე წარმოდგენილ აპარატში განხორციელებულია ორფაზიანი სისტემის (მყარი სხეული - სითხე) ექსტრაქციის პროცესი, რომელშიც ინტენსიფიკაციის ეფექტურ მეთოდს წარმოადგენს მუშა არეს ბარბოტირება ექსტრაგენტის ჭავლით, რასაც თან ახლავს მასაცვლის პროცესის დაჩქარება.

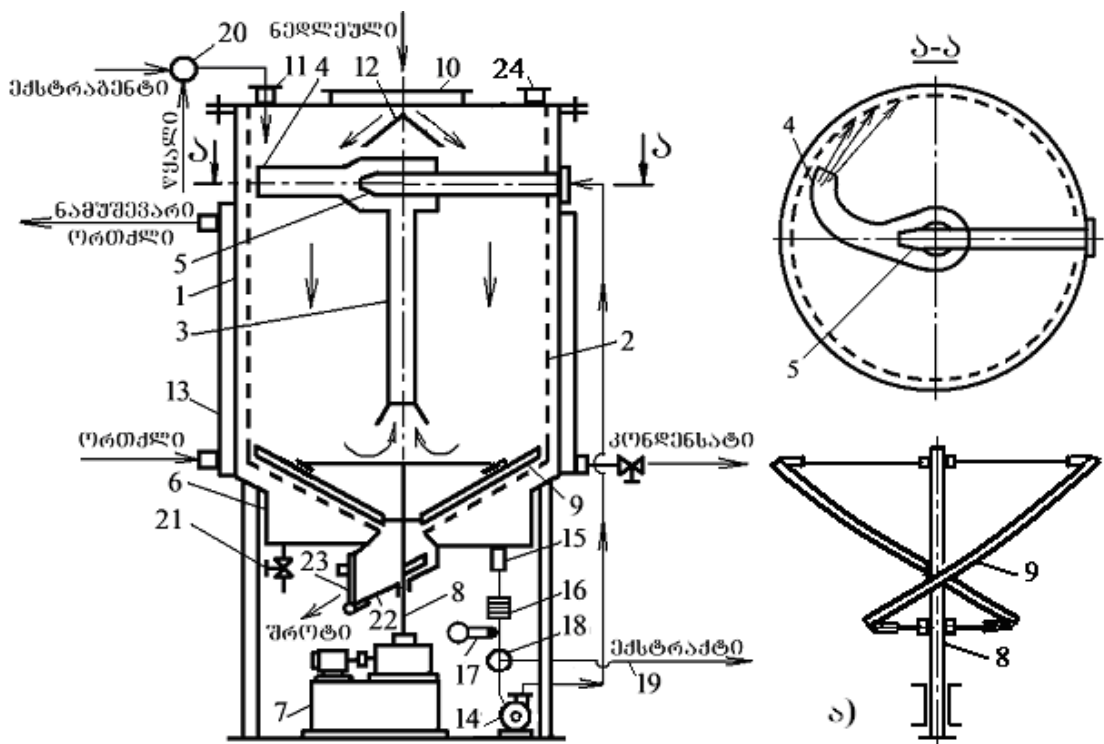
აპარატი წარმოადგენს ცილინდრულ ჭურჭელს 1, რომელშიც კოაქსიალურად ჩადგმულია ცილინდრული ბადე 2 კონუსური ძირით. ცილინდრში თანადერძულად დაყენებულია ჭავლური ტუმბო შემწოვი 3, შემრევი 4 მილებით და საქშენით 5. ცილინდრული ბადის კონუსურ ძირს გარედან გაკეთებული აქვს თხევადი ფაზის შემკრები კოლექტორი 6. აპარატის კონუსურ ძირში ჩადგმულია დახრილი ფრთებისაგან შედგენილი როტორი 9 (ნახ.1,ა), რომლის ლილვი 8 ბრუნვით მოძრაობას იღებს რევერსიული ამძრავიდან 7. ამ მექანიზმს აქვს ორმაგი დანიშნულება – იგი ასრულებს მომრევის როლს პროცესის ინტენსივობის გაზრდის მიზნით, ხოლო პროცესის დამთავრების შემდეგ იგი ემსახურება აპარატიდან შროტის გამოტვირთვას. ექსტრაქციის პროცესში როტორი გადაადგილებს მასას კონუსური ძირის ქვედა ნაწილიდან ზემოთ, ხოლო შროტის გამოტვირთვის დროს კი – პირიქით.

აპარატის სახურავზე განლაგებულია მყარი მასალის ჩასატვირთი ლიუკი 10 და ექსტრაგენტის მისაწოდებელი მილყელი 11. ლიუკის 10 ძირში, თანადერძულად მოთავსებულია მიწოდებული მასალის აპარატის კორპუსის პერიფერიებზე გამანაწილებელი თაღფაქი 12. კორპუსს

გარედან გაკეთებული აქვს პერანგი 13, ორთქლის შემშვები, ნამუშევარი ორთქლის და კონდენსატის გამოყვანი მილყელებით.

აპარატის ძირში დაყენებულია ცენტრიდანული ტუმბო 14, რომელიც თხევად ფაზას შეიწოვს კოლექტორიდან 6 მილით 15 და ჭირხნის საქშენში 5. მილზე 15 დაყენებულია თხევადი ფაზის კონცენტრაციის 16 და ტემპერატურის 17 საკნტროლო ხელსაწყოები, აგრეთვე სითხის ნაკადის გადამრთველი 18.

აპარატში დადგენილი პროპორციით აწვდიან ნედლეულს ფხვიერი მასალის სახით ლიუკიდან 10 და ექსტრაგენტს – მილყელიდან 11. ამავე მილყელით, საჭირო დროს, აპარატში შეჰყავთ გამრეცხი წყალი.



ნახ.1. საექსტრაქციო აპარატის სქემა

ფხვიერი მასალა იკავებს ცილინდრულ ბადესა 2 და შემწოვ მილს 3 შორის არეს, ხოლო ექსტრაგენტი ჭურჭელში ჩასხმის შემდეგ შედის აგრეთვე მილში 3 და იკავებს მასში ჭურჭლის თანაბარ დონეს. თხევადი ფაზა ბადის ნახვრეტების გავლით ჩაედინება კოლექტორში 6. ტუმბო 14 თხევად ფაზას ჭირხნის საქშენში 5, რომელიც შემრევ მილთან 4 ქმნის ინჟექციის ეფექტს, რაც იწვევს ჭურჭელში არსებული თხევადი და მყარი ფაზების ნარევის შესვლას შემწოვ მილში 3 და ბარბოტირების ეფექტით მის ცირკულაციას. შემრევი მილის 4 მოხრილი ბოლო (კვეთი ა-ა) ნაკადს მიმართავს ჭურჭლის კედლისადმი

ტანგენციალურად, რაც იწვევს სითხის ნაკადის ზედა ფენების ბრუნვას და ექსტრაჰირების პროცესის ინტენსივობის კიდევ უფრო გაზრდას.

პროცესის დამთავრების შემდეგ ექსტრაქტი აპარატიდან გამოიყოფა მილით 19. ამის შემდეგ, გახსნიან საკეტს 23, ჩართავენ როტორის 9 ამძრავს 7 და ჭურჭელში არსებული ნარჩენი (შროტი) შამოედინება გამომტვირთავი ღარით 22. ამის შემდეგ, აპარატი ირეცხება წყლით, რომელიც მიეწოდება მას მილყელით 11 გადამრთველის 20 გავლით და მზადდება მორიგი ჩატვირთვისათვის. აპარატის სანიტარული მომსახურებისთვის გათვალისწინებულია ონკანი 21 გამრეცხი წყლის ჩამოსაცლელად. ექსტრაგენტის წარმოქმნილი ორთქლი აპარატიდან მილყელით 24 მიეწოდება თბომცველს.

ამრიგად, წარმოდგენილ აპარატში ექსტრაქციული პროცესი ხორციელდება ჩაკეტილ ციკლში, ორფაზიან არადრეკად არეს შორის მასაცვლის შედეგად.

აპარატის გამოყენება თანაბარი წარმატებით შესაძლებელია როგორც “მყარი სხეული – სითხის” ასევე “სითხე-სითხის” სისტემების ექსტრაჰირებისთვის.

წარმოდგენილ მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის ჰიდროდინამიკურ მეთოდს გააჩნია რიგი უპირატესობანი: ექსტრაქციის პროცესის ინტენსიფიკაცია; ექსტრაქციის დროის შემცირება; გამოყოფილი მიზნობრივი ნივთიერების რაოდენობის გაზრდა; ენერგოდანახარჯების შემცირება.

ექსტრაქციის ჰიდროდინამიკური პროცესის თეორიული ანალიზი

ექსტრაქტორის (ნახ.1) მთავარი კვებებისათვის ჩატარდა ჰიდროდინამიკური პარამეტრების ანალიზური დასაბუთება. ნახ.2-ზე წარმოდგენილია საანგარიშო სქემა.

იმპულსების კანონის საფუძველზე არადრეკადი გარემოსათვის მიღებულია ჭავლური აპარატის ძირითადი მახასიათებლების განტოლებები

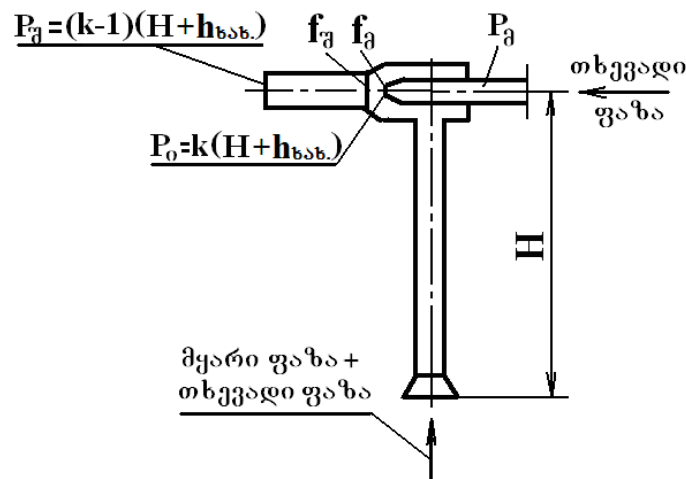
$$\frac{\nabla p_{\text{ა.}}}{\nabla p_{\text{ა.}}} = 0,205 - 0,12u - 0,017u^2 \quad (1)$$

$$\left(\frac{f_{\text{შ}}}{f_{\text{ა}}}\right)_{\text{ობ.}} = 2,5 + 5u + 0,275u^2 \quad (2)$$

სადაც $\nabla p_{\text{შ}}$ და $\nabla p_{\text{ა}}$ - შესაბამისად შემრევ კამერაში და საქშენში წნევათა ვარდნაა, რომლებიც ტოლია

$$\nabla p_{\text{შ}} = p_{\text{შ}} - p_0; \quad \nabla p_{\text{ა}} = p_{\text{ა}} - p_0,$$

სადაც $p_{\text{შ}}$ - წნევა შემრევ კამერაში; $p_{\text{ა}}$ - მუშა ნაკადის წნევაა; p_0 - ინჟექტირებული ნაკადის წნევაა, პა; $f_{\text{შ}}$ და $f_{\text{ა}}$ - შესაბამისად შემრევი კამერის და საქშენის გამოსასვლელი ხერეღის ფართობებია, მ²; u - ინჟექციის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია $u = G_0 / G_{\text{ა}}$. აქ G_0 და $G_{\text{ა}}$ - შესაბამისად ინჟექტირებული და მუშა ნაკადების მასური ხარჯია, კგ/წმ.



ნახ.2. ექსტრაქტორის ჰიდროდინამიკური პროცესის საანგარიშო სქემა

იმისათვის, რომ განხორციელდეს ინჟექციის ეფექტი საჭიროა, რომ დაცული იყოს პირობა

$$p_0 > k(H + h_{\text{ბსბ.}}) \quad \text{პა,}$$

სადაც H - სითხის შეწოვის ჰიდროსტატიკური წნევაა, პა; $h_{\text{ბსბ.}}$ - ხახუნზე დანაკარგებია შემწოვ მიღში, პა; $k > 1$ - კოეფიციენტი, რომელიც განსაზღვრავს პროცესის ინტენსივობას.

მუშა წნევის სიდიდე განისაზღვრება ფორმულით

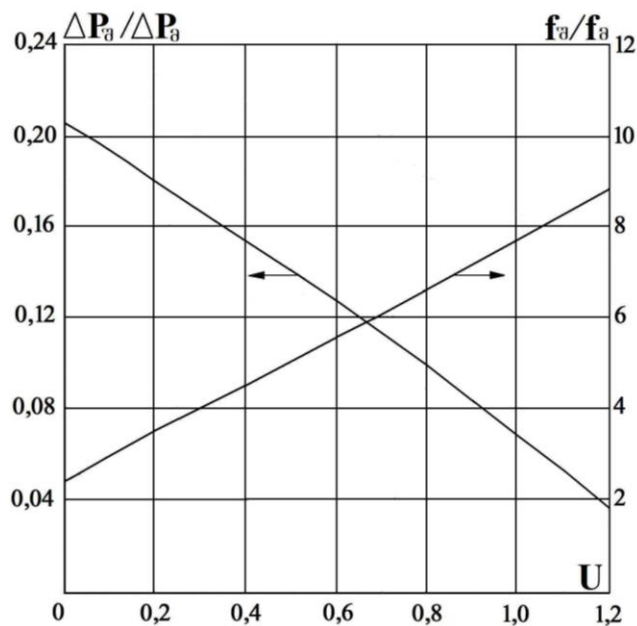
$$p_a = \frac{G_a^2 v_a}{\varphi_1^2 2 f_a^2} + k(H + h_{b.s.b.}) \text{ პა,}$$

სადაც v_a - მუშა სითხის ხვედრითი მოცულობაა, მ³/კგ; φ_1 - სიჩქარის დანაკარგის კოეფიციენტი.

შემრევ კამერაში წნევის ვარდნა ტოლია

$$\nabla p_a = H + h_{b.s.b.}, \text{ პა}$$

(1) და (2) განტოლებებით აიგო ექსტრაქტორის ჭავლეური აპარატის ძირითადი პარამეტრების საანგარიშო ნომოგრამა (ნახ.3)

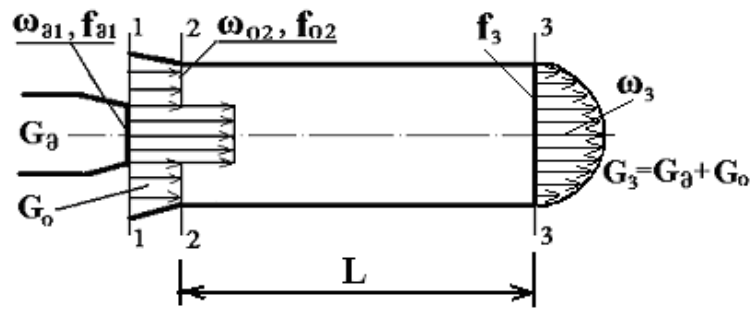


ნახ.3. $\nabla p_a / \nabla p_a$ და f_a / f_a დამოკიდებულება ინჟექციის კოეფიციენტთან u

მიღებული ანალიზური დამოკიდებულებები საშუალებას გვაძლევს ტექნოლოგიური მოთხოვნების შესაბამისად განისაზღვროს ექსტრაქტორის ძირითადი კონსტრუქციული და ჰიდროდინამიკური პარამეტრები.

ექსტრაქტორების ინჟექციური ეფექტი განისაზღვრება თხევადი ფაზის მოძრაობის თავისებურებებით. სითხის მუშა ნაკადი საქმენიდან შედის აპარატის მიმღებ კამერაში მაღალი სიჩქარით და წარიტაცებს უფრო დაბალი წნევის ინჟექციურ არეს. შემრევი მილის შესასვლელში მუშა ნაკადის სიჩქარე მნიშვნელოვნად აღემატება ინჟექტირებული ნაკადის

სიჩქარეს (ნახ.4). ამასთან, მუშა ნაკადის კინეტიკური ენერგია ნაწილობრივ გადაეცემა ინჟექტირებულ ნაკადს. შემრევ მილში გადაადგილების დროს ხდება ნაკადების სიჩქარეთა გათანაბრება და შერეული ნაკადის კინეტიკური ენერგიის უკუ გარდაქმნა პოტენციალურ ენერგიად. მრიგად, აპარატში ადგილი აქვს ნაკადებში წნევათა და სიჩქარეთა სწრაფად და ხშირად ცვლილებას, რაც აჩქარებს მყარი ფაზიდან მიზნობრივი კომპონენტების გადასვლას თხევად ფაზაში და მნიშვნელოვნად ზრდის კონვექციური დიფუზიის ინტენსივობას.



ნახ.4. საექსტრაქციო აპარატში ნაკადების სიჩქარეთა განაწილება

საქმენიდან მუშა ნაკადის გამოსვლის სიჩქარეს განსაზღვრავს მუშა სითხის ხარჯი (ტუმბოს მწარმოებლობა) და საქმენის გამოსასვლელი ხერხის ფართობი

$$\omega_{a1} = \frac{G_a}{\rho_a f_{a1}} \text{ მ/წმ}, \quad (3)$$

სადაც ω_{a1} - მუშა ნაკადის სიჩქარეა საქმენის ბოლოზე ანუ 1-1 კვეთში, მ/წმ; ρ_a - მუშა ნაკადის (თხევადი ფაზის) სიმკვრივეა, კგ/მ³;

ინჟექტირებული ნაკადის სიჩქარე 2-2 კვეთში ტოლია

$$\omega_{o2} = \frac{G_a u}{\rho_o f_{o2}} \text{ მ/წმ}, \quad (4)$$

სადაც u - ინჟექციის კოეფიციენტი; ρ_o - ინჟექტირებული ნაკადის სიმკვრივეა, კგ/მ³; f_{o2} - ინჟექციური ნაკადის ფართობია 2-2 კვეთში, რომელიც ტოლია $f_{o2} = f_3 - f_{a1}$, სადაც $f_3 = f_{3.a}$ ცილინდრული შემრევი მილის კვეთის ფართობია, მ².

შემრევი მილის ბოლოში გათანაბრებული სიჩქარე ტოლი იქნება

$$\omega_3 = \left(\frac{G_a}{\rho_a} + \frac{G_o}{\rho_o} \right) / f_3 \quad \text{მ/წმ,} \quad (5)$$

სადაც G_o - ინექტირებული სითხის ხარჯია, კგ/წმ, რომელიც ტოლია

$$G_o = G_a \mu$$

(3), (4) და (5) ტოლობები განსაზღვრავენ სიჩქარეთა ეპიურებს ნახ.4-ზე.

ნაკადის საშუალო სიჩქარედ 2-2 კვეთში შეიძლება მივიღოთ

$$\bar{\omega}_{2-2} = (\omega_{a1\mu} + \omega_{o2}) / 2 \quad \text{მ/წმ}$$

ნაკადის კინეტიკური ენერჯიის ნაწილი, რომელიც გადადის პოტენციალურ ენერჯიაში ტოლი იქნება

$$\Delta E_j = \sum GL(\bar{\omega}_{2-2} - \omega_3) \quad \text{ნ.მ,}$$

სადაც $\sum G = G_a + G_o$ მუშა და ინექტირებული სითხეების ჯამური ნაკადია, კგ/წმ; L - შემრევი მილის სიგრძეა, მ.

ქსტრაქციის კინეტიკური პროცესის კვლევა

მცენარეული ნედლეულის, ისევე როგორც მრავალი სხვა ნივთიერების ექსტრაქცირება წარმოადგენს მასათა ცვლის პროცესს და ემყარება ამ პროცესში მიმდინარე ძირითად კანონზომიერებებს.

მიუხედავად არსებული მრავალრიცხოვანი თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემებისა, ჯერ კიდევ სათანადოდ არ არის გამოკვლეული უაღრესად მრავალფეროვანი პროცესის კინეტიკური კანონზომიერებანი და არასაკმარისად არის დამუშავებული სამრეწველო აპარატების გაანგარიშების მეთოდური საფუძვლები.

ყველა არსებული თეორიის ძირითადი არსი მდგომარეობს მიზნობრივი პროდუქტის ექსტრაგენტში გადასვლის სიჩქარის ანუ პროცესის დროის ხანგრძლივობის და მწარმოებლობის განსაზღვრაში.

ექსტრაქციის პროცესის ზუსტი თეორიული ანალიზი და მათემატიკური მოდელირება უაღრესად რთულია, განსაკუთრებით როდესაც ერთდროულად მიმდინარეობს მოლეკულური და კონვექციური დიფუზიური პროცესები. ამდენადვე რთულია პროცესის აღმწერი მათემატიკური აპარატის პრაქტიკული რეალიზება. საკითხი რამდენადმე

მარტივდება თეორიული კვლევის პროცესში ემპირიული მონაცემების გამოყენებით, რომლებიც ამაღლებენ მიღებული შედეგების ადეკვატურობას რეალურ პროცესებთან.

ექსტრაქციის კინეტიკური პროცესის თეორიათა ანალიზი, გვიჩვენებს, რომ მიზნობრივი პროდუქტის ექსტრაგენტში გადასვლის პროცესს აქვს ექსპონენციალური ხასიათი, ანუ საწყის მასალაში მიზნობრივი პროდუქტის შემცველობა დროში მცირდება, ხოლო ექსტრაგენტში კი იზრდება და პროცესი მთავრდება ფაზათა შორის კონცენტრაციათა თანაფარდობის დროს.

ჩვენს მიერ განსახილველი პროცესი სრულიად ემყარება ზემოთაღნიშნულ კანონზომიერებებს და კინეტიკური განტოლება წარმოდგენილი გვაქვს შემდეგი სახით

$$C_{\text{თ.ფ.}} = C_{\text{ა.ფ.}}^0 \frac{G_a}{G} (1 - e^{-K\tau}), \quad (6)$$

სადაც $C_{\text{თ.ფ.}}$ - თხევადი ფაზის მიმდინარე კონცენტრაციაა, გრ/კგ; $C_{\text{ა.ფ.}}^0$ - მყარ ფაზაში მიზნობრივი პროდუქტის საწყისი შემცველობაა, გრ/კგ; G_a - ექსტრაქტორში ჩატვირთული ნედლეულის, ანუ მყარი ფაზის რაოდენობაა, კგ; G - ექსტრაქტორში ჩატვირთული მთლიანი მასის (ნედლეულს + ექსტრაგენტი) რაოდენობაა, კგ; K - პროცესის განმსაზღვრელი კონსტანტაა, 1/სთ; τ - მიმდინარე დროა, სთ.

პროცესის კვლევის მთავარი სირთულე დაკავშირებულია K კონსტანტას სწორად განსაზღვრასთან, რომელიც დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, მათ შორის ნედლეულის და ექსტრაგენტის ქიმიურ შემადგენლობაზე, ტემპერატურაზე, ნედლეულის დისპერსულობაზე და დიფუზიური პროცესის მიმდინარეობის სხვა თავისებურებებზე. ჩვენს მიერ წარმოდგენილი ექსტრაქტორის ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული თავისებურებებიდან გამომდინარე და ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე, K კონსტანტას საანგარიშოდ მიღებული იყო შემდეგი ემპირიული გამოსახულება

$$K = (1 - e^{-k_1 C_{\text{ა.ფ.}}}) [1 - e^{-k_2 (T_{\text{თ.ფ.}} / T_{\text{ტ.დ.}})}] [1 - e^{-k_3 (\rho_{\text{ა.ფ.}} / \rho_{\text{თ.ფ.}})}] n, \quad 1/\text{სთ}, \quad (7)$$

სადაც k_1, k_2 და k_3 - ემპირიული კოეფიციენტებია, რომლებიც მოცემული მასალისათვის განსაზღვრავენ შესაბამისად ექსტრაგენტის ქიმიური შემადგენლობის, ტემპერატურის, მყარი მასის დისპერსულობის და თხევადი ფაზის სიბლანტის ფაქტორების გავლენას დიფუზიური პროცესის მიმდინარეობაზე; $C_{\text{კმ}}$ - ექსტრაგენტის კონცენტრაცია (მაგალითად, სპირტისა და წყლის ნარევის თანაფარდობა), კგ სპირტი /კგ ნარევი; $T_{\text{თ.ფ.}}$ - თხევადი ფაზის სამუშაო ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{ტ.დ.}}$ - მოცემული მასალისათვის თხევადი ფაზის ტექნოლოგიურად დასაშვები მაქსიმალური ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$; $\rho_{\text{ა.ფ.}}$ - მყარი ფაზის მოცულობითი მასა, კგ/მ³; $\rho_{\text{თ.ფ.}}$ - თხევადი ფაზის მოცულობითი მასა, კგ/მ³; n - ექსტრაქტორში მიმდინარე ექსტრაგენტის ცირკულაციური ციკლების სიხშირე, 1/სთ.

K კონსტანტას განტოლებაში მყარი ფაზის მოცულობითი მასა $\rho_{\text{ა.ფ.}}$ გამოხატავს მასალის დისპერსულობის ხარისხს, ხოლო თხევადი ფაზის მოცულობითი მასა $\rho_{\text{თ.ფ.}}$ - ექსტრაგენტის სიბლანტის ხარისხს.

ექსტრაქციის კინეტიკური პროცესის K კონსტანტას განსაზღვრისათვის ჩატარდა ექსპერიმენტული კვლევა. კვლევის ობიექტად შერჩეული იყო მშრალი, დაქუცმაცებული მოცვის ნაყოფი, ნაწილაკების ორი ზომითი ფრაქციით, შესაბამისად 150-300 კგ/მ³ მოცულობითი მასებით, რომლებითაც გამოხატული იყო მყარი ფაზის სათანადო დისპერსულობა - $\rho_{\text{ა.ფ.}}$. წინასწარ განისაზღვრა ნედლეულში მიზნობრივი პროდუქტის - ანტოციანების შემცველობა $C_{\text{ა.ფ.}}^0$, გრ/კგ. ექსტრაგენტად გამოყენებული იყო ეთილის სპირტის და წყლის ნარევი, რომელსაც ემატებოდა 1% მარილმუავა. ფაქტორებად განისაზღვრა: ექსტრაგენტის კონცენტრაცია - $C_{\text{კმ}}$ კგ/კგ; თხევადი ფაზის ტემპერატურა - $T_{\text{თ.ფ.}}$ $^{\circ}\text{C}$ და მასალის დისპერსულობა - $\rho_{\text{ა.ფ.}}$. ცდები ტარდებოდა აღნიშნული ფაქტორების ორი დონისათვის ერთნაირი

თანაფარდობით 1/2. ექსტრაგენტის კონცენტრაცია შეადგენდა - 0,2-0,4 კგ სპირტი /კგ წყალზე; თხევადი ფაზის ტემპერატურა - 35-70⁰C; მყარი ფაზის მოცულობითი მასა -150-300 კგ/მ³. ყოველი ცდა ფასდებოდა თხევად ფაზაში გადასული ანტოციანების რაოდენობით, გრ/კგ. რამდენადაც ცდების მიზანს წარმოადგენდა ფაქტორების გავლენის ხარისხის შესწავლა მიმდინარე პროცესზე, ამდენად ექსტრაქციის დრო განისაზღვრა მინიმალური სიდიდით - 6 სთ-ით.

ცდები ტარდებოდა შემდეგი თანმიმდევრობით. სათანადო დისპერსულობით დაქუცმაცებულ მასას, 20 გრ ოდენობით, ესხმებოდა $G_{\text{მ.}} = 180$ გრ 20 და 40%-იანი წყალ-სპირტის ნარევი 35 და 70⁰C ტემპერატურით, რომელიც იზომებოდა მინასითხიანი თერმომეტრით.

ტემპერატურის სტაბილურობის მიზნით ნარევი მასა თავსდებოდა თერმოსში. 6 სთ-ის შემდეგ გამოიყოფოდა თხევადი ფაზა და ქიმიური ანალიზით განისაზღვრებოდა მასში მიზნობრივი პროდუქტის შემცველობა.

ცდების შედეგად განისაზღვრა ემპირიული კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობები: $k_1 = 1,2$; $k_2 = 0,59$; $k_3 = 1,7$.

მოცემული კონკრეტული პროცესისათვის (7) განტოლებამ მიიღო შემდეგი სახე

$$K = (1 - e^{-1,2C_{\text{მ.}}}) [1 - e^{-0,59(T_{\text{თ.ფ.}}/T_{\text{ბ.დ.}})}] [1 - e^{-1,7(\rho_{\text{მ.ფ.}}/\rho_{\text{თ.ფ.}})}] n \quad (8)$$

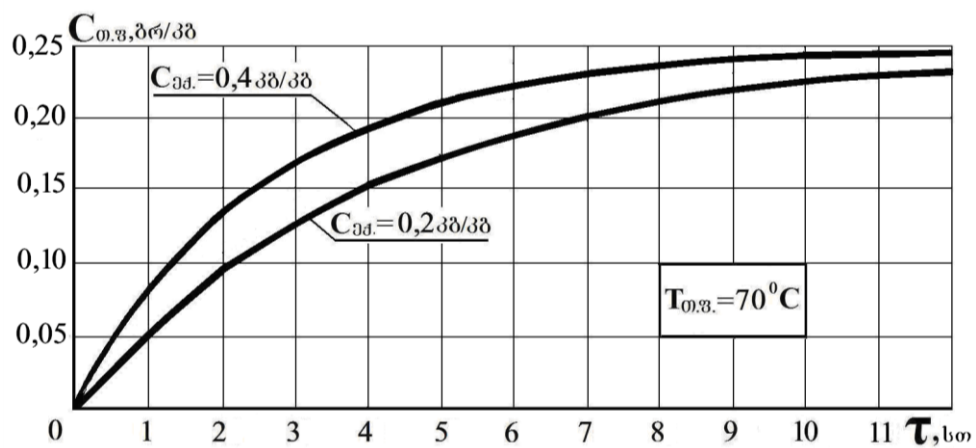
მიღებული (6) და (8) განტოლებებით მშრალი მოცვის ნაყოფის ექსტრაქციის მაგალითზე ჩატარდა კინეტიკური პროცესის გაანგარიშება შემდეგი მონაცემების მიხედვით:

$$C_{\text{ა.ფ.}}^0 = 2,5 \text{ გრ/კგ } G_{\text{ა.}} = 20 \text{ კგ; } G = 200 \text{ კგ; } C_{\text{მ.}} = 0,2 \text{ და } 0,4 \text{ კგ/კგ; } T_{\text{თ.ფ.}} = 50 \text{ და } 70^0 \text{C; } u = 0,7; n = 6,0 \text{ 1/სთ; } T_{\text{ბ.დ.}} = 70^0 \text{C; } \rho_{\text{ა.ფ.}} = 300 \text{ კგ/მ}^3; \rho_{\text{თ.ფ.}} = 1000 \text{ კგ/მ}^3;$$

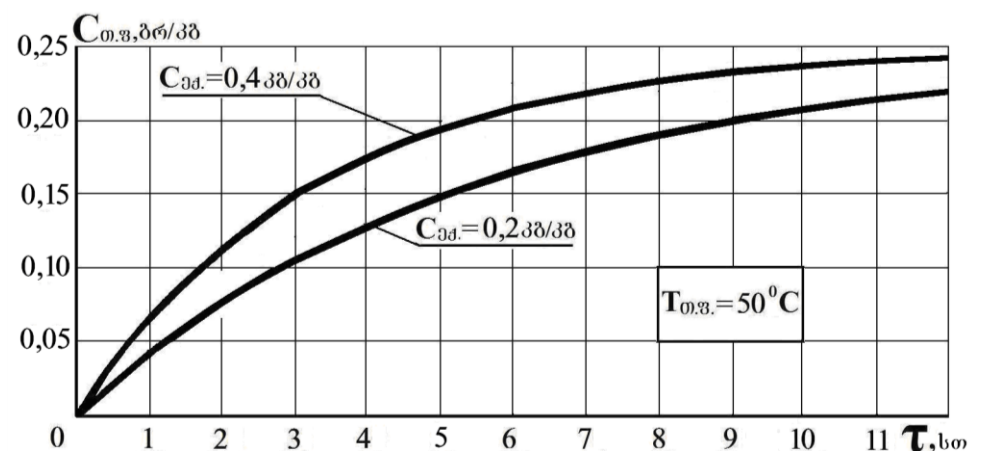
კვლევის შედეგები წარმოდგენილია გრაფიკების სახით (ნახ. 5 და ნახ. 6).

როგორც ნახ.5-ზე წარმოდგენილი გრაფიკიდან ჩანს ექსტრაგენტის 70⁰C ტემპერატურის და 0,4 კგ/კგ სპირტის შემცველობის დროს, 10-11

სთ-ის შემდეგ ფაზათა კონცენტრაციებს შორის პრაქტიკულად მყარდება წონასწორული მდგომარეობა, რომელიც შეადგენს 0,25 გრ/კგ. ეს იმას ნიშნავს, რომ საწყისი მონაცემების მიხედვით მყარ ფაზაში რჩება 5,0 გრ მიზნობრივი პროდუქტი, რომლის გამოყოფა შესაძლებელია განახლებული ექსტრაგენტით ანუ ციკლის განმეორებით.



ნახ.5. ექსტრაქციის პროცესის კინეტიკური გრაფიკები ექსტრაგენტის 70°C ტემპერატურის დროს



ნახ.6. ექსტრაქციის პროცესის კინეტიკური გრაფიკები ექსტრაგენტის 50°C ტემპერატურის დროს

ექსტრაგენტის 50°C ტემპერატურის დროს (ნახ.6) ფაზათა კონცენტრაციული წონასწორობა მყარდება დაახლოებით 11-12 სთ-ში

ექსტრაქციის მეორე საფეხურის ჩატარების შემთხვევაში ფაზებს შორის წონასწორული კონცენტრაცია ტოლი იქნება 0,025 გრ/კგ, რაც ნიშნავს, რომ მყარ ფაზაში რჩება 0,5 გრ მიზნობრივი პროდუქტი (1,0 % საწყისი შემცველობის), რაც შეესაბამება პროცესის

ექსპონენციალურ ხასიათს, ანუ სრული ექსტრაქცია შეუძლებელია. აქედან გამომდინარე, ექსტრაქციის საფეხურების რაოდენობა უნდა შეირჩეს ეკონომიკური მიზანშეწონილობიდან გამომდინარე.

მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის ექსპერიმენტული კვლევა

ნედლეულის დახასიათება. კვლევის ობიექტად შერჩეული იყო მცვის ნაყოფი, რომელშიც ანტოციანების ჯამური შემცველობა ლიტერატურული მონაცემებით, იცვლება საკმაოდ დიდ დიაპაზონში – 0,25%-დან 1,6%-მდე. ქართული მთის მოცვი ამ მხრივ პრაქტიკულად შეუსწავლელია. ამიტომ, მისი ბიოლოგიურად აქტიური ექსტრაქტების ტექნოლოგიური პროცესების დამუშავება მეცნიერებისა და პრაქტიკის აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს.

ნედლეულის ლაბორატორიული გამოკვლევა

მოცვის ნაყოფის ექსტრაქტების ქიმიური ანალიზისათვის გამოვიყენეთ მაღალი წნევის სითხური ქრომატოგრაფირების მეთოდი - გრადიენტული ქრომატოგრაფი - Waters (აშშ), uv/visible Detector 2489, Binary HPLC Pump1525, ქრომატოგრაფიული სვეტი Symmetry C18, დეტექტირება 360 და 510 ნმ ტალღის სიგრძეზე. გამსხნელთა სისტემები იყო: I. 5%-იანი ჭიანჭველმჟავა; II. მეთანოლი. გამსხნელის სიჩქარე იყო 1 მლ/წთ-ში, საკვლევი ნიმუშის რაოდენობა 20 მლ, ქრომატოგრაფირების ხანგრძლივობა 45 წთ.

ანტოციანების საკვლევი ხსნარის მისაღებად ნიმუშს ვაქუცმაცვბდით და ვამატებდით 40%-იან ეთანოლს, რომლის შემჟავება ხდებოდა 1%-იანი მარილმჟავათი ან ლიმონმჟავათი; ნიმუშისა და ექსტრაგენტის თანაფარდობა – 1:10. ექსტრაქციის ხანგრძლივობა იყო 24 საათი ოთახის ტემპერატურაზე. მიღებულ ექსტრაქტს ვფილტრავდით.

ფლავონოიდების საკვლევი ხსნარის მისაღებად დაქუცმაცვბულ ნიმუშს ვამატებდით 80%-იან ეთანოლს და მდუღარე წყლიან აბაზანაზე ვაექსტრაქტირებდით 40 წუთის განმავლობაში. მიღებულ ექსტრაქტს ვფილტრავდით და ვაკონცენტრირებდით ვაკუუმის პირობებში 50⁰ C-ზე.

ექსტრაქტული წყალხსნადი ნივთიერებების რაოდენობა მოცვის ნიმუშებსა და მის ექსტრაქტებში განვსაზღვრეთ აორთქლებისა და მუდმივ წონამდე დაყვანის მეთოდით.

ქვემოთ წარმოდგენილია კენკრის ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ჩვენს მიერ შესრულებული წინასწარი ლაბორატორიული გამოკვლევების ძირითადი შედეგები ცხრილების (1-2) სახით.

ცხრილი 1

ანტოციანებისა და ფლავონოლების შემცველობა მოცვის ნაყოფში

მოცვის ნაყოფი	ანტოციანების რაოდენობა, მგ/კგ		ფლავონოლების რაოდენობა, მგ/კგ	
	ნედლი მასა	მშრალი მასა	ნედლი მასა	მშრალი მასა
ნედლი - ტყიბულის	1773,8	13644,7	237,6	1827,6
10% გამშრალი - ტყიბულის	1549,5	1878,2	868,1	1052,2
10% გამშრალი - ბაღდათის	719,8	854,8	743,2	882,6
მოცვის წვენი ტყიბულის	1674,0	11957,1	250,4	1788,5

ცხრილი 2

ფლავონოიდური ნაერთების რაოდენობრივი შემცველობა მგ/კგ

მოცვის ნიმუში		ფლავონო- ლები	კატექი- ნები	ლეიკოანტო- ციანები	ანტოცი- ანები
		80% C ₂ H ₅ OH	80% C ₂ H ₅ OH	80% C ₂ H ₅ OH	3% HCl, 40% C ₂ H ₅ OH
ტყიბუ- ლის	ნედლი	973,75	89,24	205,23	552,83
	მშრალი	1290,93	118,31	272,08	736,88
ბაღდა- თის	ნედლი	842,53	62,85	125,07	282,09
	მშრალი	1100,91	82,12	163,43	368,6

აღნიშნული ექსპერიმენტული კვლევების სერია ჩატარდა ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტში პროფესორ ალექო კალანდიას ხელმძღვანელობით.

ჩვენს მიერ, ქართული მთის მოცვის ბაზაზე, წინასწარ ლაბორატორიულ პირობებში დამზადებული ექსტრაქტების ანალიზმა აჩვენა, რომ საქართველოში გავრცელებული მოცვის კენკრა (ჩვენს შემთხვევაში ბაღდათის შემოგარენი, იმერეთი) შეიცავს გაცილებით მეტ ანტოციანინებს (1,4-1,5-ჯერ), ვიდრე საზღვარგარეთის მთელ რიგ ქვეყნებში არსებული მოცვის კენკრა.

მოცვის ნაყოფის ექსტრაქციის ექსპერიმენტის პირობების დასაბუთება

მოცვის ნაყოფის ექსტრაქციის პროცესების დამუშავებისას ოპტიმიზაციის ძირითად პარამეტრად ვღებულობთ ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას (AOA), რომელიც განისაზღვრებოდა როგორც გამოსაკვლევი კონცენტრატის და სტანდარტული ნივთიერების სიგნალების თანაფარდობა.

ოპტიმიზაციის მეორე კრიტერიუმად მივიღეთ მოცვის ნაყოფიდან მშრალი ექსტრაქტული ნივთიერების გამოსავლიანობა - Ξ , გრ/კგ, აორთქლებისა და მუდმივ წონამდე დაყვანის მეთოდით.

ექსპერიმენტისათვის ვიღებდით ტყიბულის მთიანი რეგიონის მოცვის კენკრას, ერთის მხრივ როგორც უფრო ხელმისაწვდომი და მეორეს მხრივ, მოცვის მხოლოდ ერთი სახის ნედლეულის გამოყენება მოგვცემდა შედარებით ერთგვაროვან შედეგებს.

ექსპერიმენტული კვლევები ჩატარდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ქუთაისის სამეცნიერო ცენტრში პროფესორ ვ.ხვედელიძის ხელმძღვანელობით.

ლაბორატორიულმა ექსპერიმენტების შედეგებმა და ლიტერატურული მასალების ანალიზმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა ოპტიმიზაციის კრიტერიუმზე რიგი ფაქტორების მოქმედების ხასიათი და დიაპაზონი, მათ შორის, ექსტრაქციის ტემპერატურა და

ხანგრძლივობა, ექსტრაგენტის და ნედლეულის მასური თანაფარდობა, საექსტრაქციო მოცვის წინასწარი დამუშავების ხასიათი, საექსტრაქციო მასის (ნედლეული და ექსტრაგენტი) აპარატში ცირკულაციის პერიოდულობა, ექსტრაგენტში ეთანოლის კონცენტრაცია, ექსტრაგენტის მარილმჟავათი შემჟავების ხარისხი. ამის გარდა, ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებზე მოქმედებენ რიგი არარეგულირებადი ფაქტორები - ნედლეულის ადგილმდებარეობა და კლიმატური პირობები, კრეფის დრო და მრავალი სხვა, რომელთა გათვალისწინება დაგეგმილ ექსპერიმენტში პრაქტიკულად შეუძლებელია.

დაგეგმვის მატრიცაში შევიდა ოთხი ფაქტორი: ექსტრაქციის ტემპერატურა $t, ^\circ\text{C}$; ექსტრაქციის ხანგრძლივობა τ , წთ; ექსტრაგენტისა და ნედლეულის მასური თანაფარდობა n_m , ლ/კგ; საექსტრაქციო მოცვის ნაყოფის წინასწარ დამუშავების ხასიათი. რაც შეეხება ექსტრაქციის პროცესში საექსტრაქციო მასის ცირკულაციური ციკლების სისშირეს წინასწარი ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგად მიღებული იყო 6,0 /სთ ტოლი (ცხრ.3).

როგორც ვხედავთ, ექსპერიმენტის მატრიცაში შევიდა ოთხი ფაქტორი, აქედან სამი რაოდენობრივი და ერთი – ხარისხობრივი.

პრაქტიკული მონაცემებით და ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით, ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების რაოდენობა მოცვის ექსტრაქტში, სხვა თანაბარ შესაძლო ოპტიმალურ პირობებში, მცირდება წინასწარი გადამუშავების მიხედვით შემდეგი თანმომდევრობით (არსებულის %):

I – ნედლი დისპერგირებული 1,0-2,0 მმ ფრაქციამდე მოცვის მასა 10 %-იან ტენიანობაზე გადაანგარიშებით – 92-96;

II – 10 % ტენიანობამდე ვაკუუმში 60 $^{\circ}\text{C}$ -ზე გამშრალი დისპერგირებული 1,0-2,0 მმ ფრაქციამდე მოცვის მასა – 82-88;

III – 10 % ტენიანობამდე 60 $^{\circ}\text{C}$ -ზე გამშრალი დისპერგირებული 1,0-2,0 მმ ფრაქციამდე მოცვის მასა – 72-75;

IV - 10 % ტენიანობამდე 80 $^{\circ}\text{C}$ -ზე გამშრალი დისპერგირებული 1,0-2,0 მმ ფრაქციამდე მოცვის მასა – 60-65;

V - 10 % ტენიანობამდე 90-100 °C-ზე გამშრალი დისპერგირებული 1,0-2,0 მმ ფრაქციამდე მოცვის მასა – 45-55.

შესაბამისად, ექსპერიმენტის პირობებში ძირითად ღონედ ვირჩევთ III ვარიანტს, ხოლო დანარჩენ ღონეებს მივაკუთვნებთ სათანადო ვარიანტებს: ზედა ღონე – II ვარიანტი, ქვედა ღონე – IV ვარიანტი, +2 – I ვარიანტი, - 2 – V ვარიანტი (ცხრ.3).

მოცვის ნაყოფის დისპერგირება ხდებოდა პლანეტრული АГО-2 ტიპის აქტივატორზე, რომელიც ადჭურვილია სიჩქარის ვარიატორით. დანადგარი იძლეოდა ნედლეულის დაქუცმაცების საშუალებას ნაწილაკების ზომების საკმაოდ დიდ დიაპაზონში, რომელიც კონტროლდებოდა ელექტრონული მიკროსკოპის მეთოდებით.

ცხრილი 3

მოცვის ნაყოფის ექსტრაქციის ექსპერიმენტის პირობები

ფაქტორები	ტემპერატურა $t, ^\circ\text{C}$	ხანგრძლივობა $T, \text{წთ}$	ექსტრაგენტი/მოცვი $n_m, \text{ლ/კგ}$	m
კოდირებული აღნიშვნა	X_1	X_2	X_3	X_4
ძირითადი ღონე	70	180	10	III
ვარიანტის ინტერვალი	10	20	1	-
ზედა ღონე (+1)	80	200	11	II
ქვედა ღონე (-1)	60	160	9	IV
მხარი (+2)	90	220	12	I
მხარი (-2)	50	140	8	V

იმის გამო, რომ მშრალი მოცვის ნაყოფს აქვს მცირე ხაზოვანი ზომები, ამიტომ ექსპერიმენტებისათვის დისპერგირების სიდიდეს ვიღებდით მუდმივს 1,0-2,0 მმ ღონეზე.

ექსტრაქციას ვახორციელებდით პერიოდული ქმედების ლაბორატორიულ აპარატში ერთ საფეხურად. ექსტრაგენტად, წინასწარი ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგებისა და ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით, ვიღებდით 40%-იან ეთანოლს, შემჟავებულს 1%-იანი მარილმჟავათი.

ფაქტორები, რომლებიც შევიდნენ ექსპერიმენტის დაგეგმვის მატრიცაში, მათი დონეები და ვარიაციების ინტერვალები მოყვანილია ცხრ.3-ში. ექსპერიმენტის დაგეგმვის მატრიცად გამოვიყენეთ ცენტრალური კომპოზიციური როტატაბელური გეგმა, რომელიც ყველაზე მოსახერხებელია ნაშრომში დასახული მიზნის რეალიზაციისათვის.

პროცესის კრიტერიუმი - მოცვის ექსტრაქტების ანტიოქსიდანტური აქტიურობა განისაზღვრა ამპერომეტრული მეთოდით მოქმედ "ცვეტაიაუზა-01-აა" ხელსაწყოზე. საანალიზო ნიმუშის ანტიოქსიდანტურ აქტიურობას ვანგარიშობდით, როგორც ფარდობას

$AOA = \text{საანგარიშო ნიმუშის სიგნალი} / \text{სტანდარტის სიგნალი},$
სადაც სტანდარტად აიღება ცნობილი ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ნაერთები, მაგალითად, კვერცვტინი, რუთინი და ა.შ.

პროცესის მათემატიკური აღწერისათვის გამოვიყენეთ მეორე რიგის რეგრესიის განტოლება, რომელიც შეიცავს წრფივ ეფექტებს, წყვილ ურთიერთქმედებებს და კვადრატულ ეფექტებს.,

ექსპერიმენტის დაგეგმვის შერჩეული მატრიცის რეალიზაციამ არაარსებითი ეფექტების გამორიცხვამ საშუალება მოგვცა ექსტრაქციის ტექნოლოგიური პროცესი წარმოგვედგინა შემდეგი სახის ადეკვატური რეგრესიის განტოლებებით კოდირებულ მასშტაბში:

$$AOA = 7,9 - 0,06X_1 + 0,07X_2 + 0,02 X_3 + 1,0 X_4 - 0,2X_1X_2 - 0,08X_1^2 - 0,2 X_2^2 - 0,6X_3^2,$$

სნიმუმი/სეტალონი;

$$\Theta = 431 + 10X_1 + 12,5X_2 + 6,3X_3 + 16,5X_4 - 2,5X_1 X_2 -$$

$$- 2X_3^2, \text{ გრ/კგ} .$$

აღნიშნული მათემატიკური მოდელების ერთზომადი კვეთები მოცემულია ნახ.7 – ნახ.8. მათი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ყველა განხილული ფაქტორი მნიშვნელოვნად მოქმედებს ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებზე.

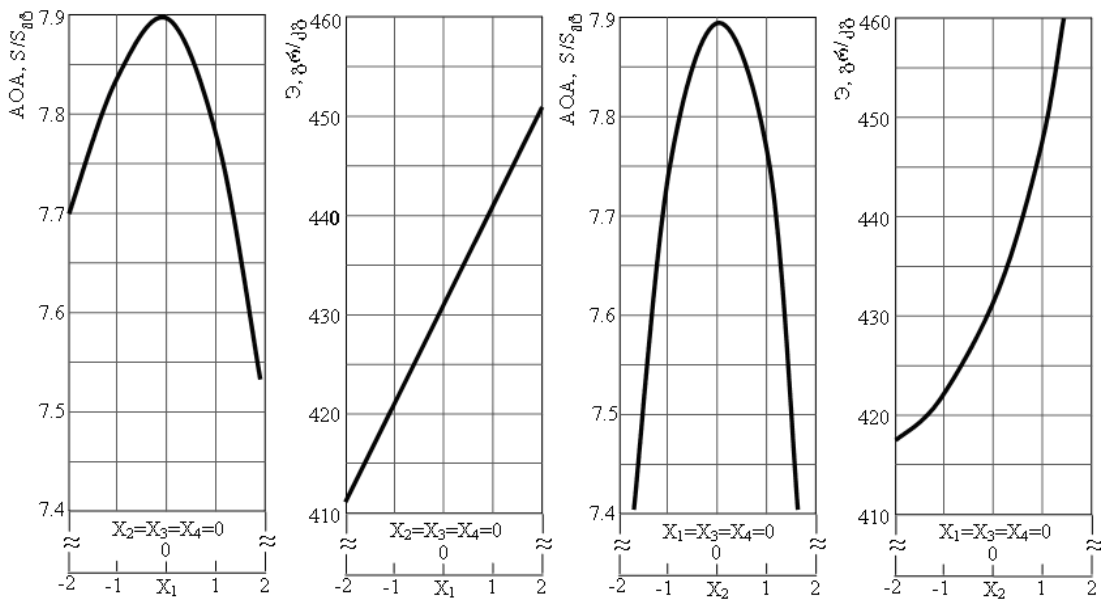
როგორც გრაფიკებიდან ჩანს ანტიოქსიდანტური აქტიურობის ცვალებადობას X_1 , X_2 და X_3 ფაქტორებისათვის აქვს პარაბოლური

ხასიათი მკვეთრად გამოხატული ექსტრემუმით, ხოლო X_4 ფაქტორისათვის – წრფივი დამოკიდებულება.

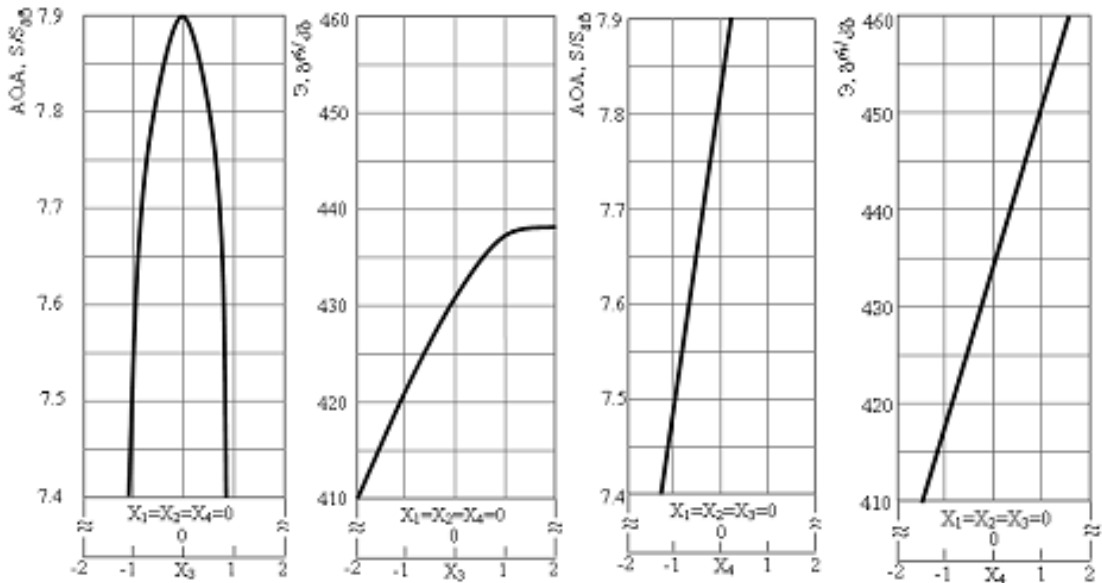
ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაწყვეტად გამოვიყენეთ ლაგრანჟის განუსაზღვრელ მამრავლთა მეთოდი. აქ ნედლეულის წინასწარი დამუშავების ხასიათის ფაქტორისათვის (X_4) ვიღებთ მის ფიქსირებულ მნიშვნელობას ($X_4 = -2$)

$$\Phi(X_i, \lambda_1) = AOA(X_i) + \lambda_1 [\Xi(X_i) - 431], \quad (9)$$

სადაც λ_1 და λ_2 – ლაგრანჟის განუსაზღვრელი მამრავლებია და გამოდიან ცვლადების როლში X_i ცვლადების თანაბრად.



ნახ.7 ოპტიმიზაციის პარამეტრების გამოძახილების ერთზომადი კვეთები X_1 (ექსტრაქციის ტემპერატურა) და X_2 (ექსტრაქციის ხანგრძლივობა) ფაქტორებისათვის



ნახ.8. ოპტიმიზაციის პარამეტრების გამოძახილების ერთზომადი კვეთები X_3 (ექსტრაგენტი/ნედლეული) და X_4 (ნედლეულის წინასწარი დამუშავების ხასიათი) ფაქტორებისათვის

მიზნობრივი ფუნქციის (9) კერძო წარმოებულების მოძებნით ყველა ცვლადისათვის და ნულისათვის გატოლებით ვღებულობთ განტოლებათა სისტემას:

$$\frac{\partial \phi}{\partial x_i} = 0; \quad \frac{\partial \phi}{\partial \lambda_i} = 0;$$

ამ სისტემის მრავალრიცხოვანი ამონახსნიდან ექსპერიმენტის პირობებს აკმაყოფილებს შემდეგი ოპტიმალური ამონახსნი:

- ექსტრაქციის ტემპერატურა $X_1 = 0,5$; ან ნატურალურ მასშტაბში

ექსტრაქციის ხანგრძლივობა $X_2 = 0$; ან ნატურალურ მასშტაბში

წთ

- “ექსტრაგენტი/ნედლეული” ფარდობა $X_3 = 0,5$; ან ნატურალურ მასშტაბში $n_m = 10,5$ ლ/კგ.

ფაქტორების აღნიშნული მნიშვნელობებისათვის, ოპტიმიზაციის კრიტერიუმებს ნედლეულის წინასწარი დამუშავების კატეგორიების მიხედვით აქვთ ცხრ.4-ში მოყვანილი მნიშვნელობები.

ცხრილი 4

წინასწარი დამუშავების კატეგორიები	AOA, S/Sგბ.	მ, გრ/კგ
-----------------------------------	-------------	----------

I- ნედლი მოცვის მასა დისპერგირებული 1-2 მმ ფრაქციამდე, 10%-იან ტენიანობაზე გადაანგარიშებით	9,9	461
II - 10 % ტენიანობამდე ვაკუუმში, 60°C-ზე გამშრალი, დისპერგირებული მოცვის მასა 1-2 მმ ფრაქციამდე	8,9	445
III- 10 % ტენიანობამდე 60 °C-ზე გამშრალი, დისპერგირებული მოცვის მასა 1-2 მმ ფრაქციამდე	7,9	429
IV- 10 % ტენიანობამდე 80 °C-ზე გამშრალი, დისპერგირებული მოცვის მასა 1-2 მმ ფრაქციამდე	6,9	413
V - 10 % ტენიანობამდე 90-100 °C-ზე გამშრალი, დისპერგირებული მოცვის მასა 1-2 მმ ფრაქციამდე	5,9	397

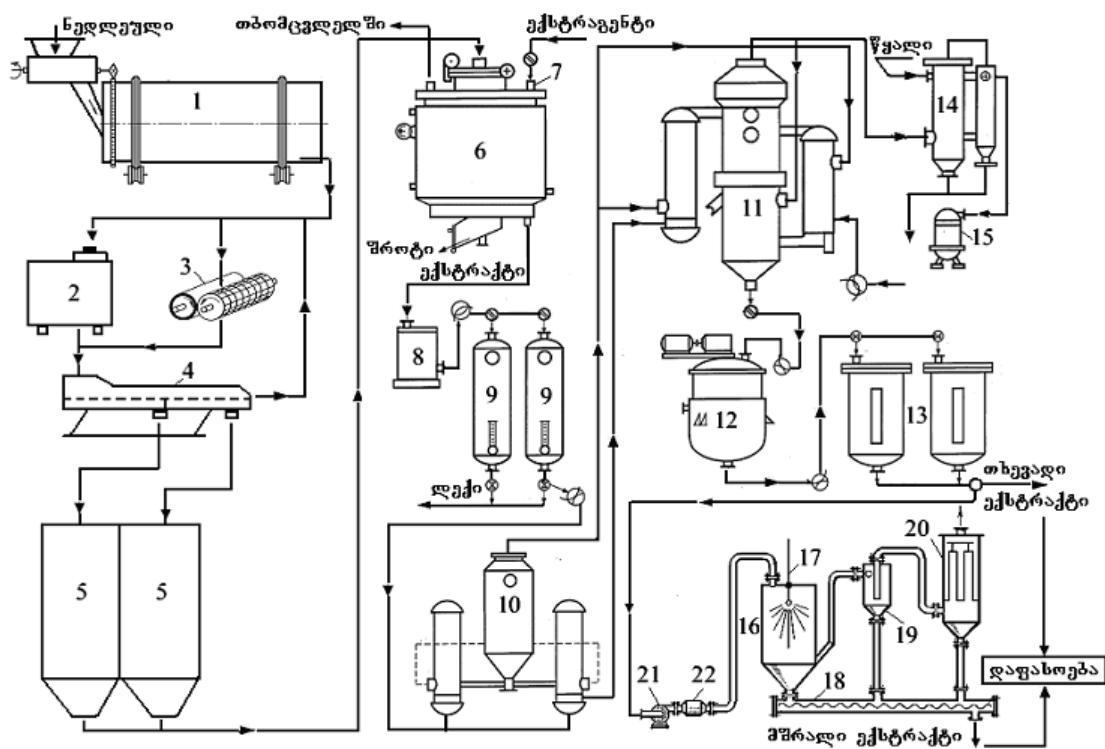
ექსტრაქტორის რეკომენდებული ტექნიკური მახასიათებლები

ჩატარებულმა კვლევებმა საშუალება მოგვცა დაგვედინა საექსტრაქციო აპარატის (ნახ.1) ოპტიმალური ტექნიკური მახასიათებლები: ცილინდრული ჭურჭლის მოცულობა – 0,5 მ³; ჭურჭლის ზომები: დიამეტრი – 0,8 მ; სიმაღლე – 1,0 მ; შევსების კოეფიციენტი – 0,8; მწარმოებლობა საწყისი ნედლეულის მიხედვით მყარი და თხევადი ფაზების 1:10 ფარდობის დროს – 12 კგ/სთ; ცენტრიდანული ტუმბო (Pedrollo CP– Italy): მწარმოებლობა – 160 ლ/წთ; დაჭირხნის სიმაღლე – 58 მ; ძრავას სიმძლავრე – 1,5 კვტ; მომრევი როტორის ბრუნვის სიხშირე – 20 ბრ/წთ, რევერსიული ძრავას სიმძლავრე – 0,6 კვტ. ექსტრაქტორის შემწოვი მილის სიმაღლე – 0,7 მ; დიამეტრი - 50-60 მმ; ექსტრაქტორის შემრევი მილის სიგრძე – 0,35 მ; დიამეტრი – 50-60 მმ; საქშენის გამოსასვლელი ხვრელის დიამეტრი – 20 მმ; თხევადი ფაზის ცირკულაციური ხარჯი – 3,7 მ³/სთ; ინჟექციის კოეფიციენტი – 0,7. მუშა წნევა – 0,57 მპა, წნევის ვარდნა ექსტრაქტორში – 0,035 მპა, ინჟექციის წნევა - $P_0 = P_g - \Delta P_g - P_{\text{სიღ.}} = 0,57 - 0,035 - 0,006867 = 0,528$ მპა; ხვედრითი ენერგოდანახარჯები – 0,67 კვტ/კგ ნედლეულზე.

პროცესულ-აპარატურული გაფორმება: ნახ.9-ზე მოცემულია მცენარეული ნედლეულის თხევადი და მშრალი ექსტრაქტების წარმოების აპარატურული გაფორმების შესაძლო ვარიანტის სქემა, სადაც თანმიმდევრულად სრულდება შემდეგი ტექნოლოგიური ოპერაციები: ნედლეულის შრობა (1), დაქუცმაცება ნედლეულის სახის

მიხედვით (2,3), დახარისხება (4), შენახვა (5), ექსტრაქცია (6,7), ექსტრაქტის ფილტრაცია (8), დაყოვნება (9), კონცენტრატის მიღება ვაკუუმ-ამორთქლებელ აპარატებში (10,11,12), კონცენტრირებული ექსტრაქტის შეკრება რეზერვუარებში (13), კონცენტრირების პროცესში წარმოქმნილი ორთქლის კონდენსირება თბომცვლელში (14), კონდენსატის ჩადინება შემკრებში (15).

მშრალი ექსტრაქტის წარმოებისათვის გათვალისწინებულია თხევადი ექსტრაქტის შრობა. ამისათვის კონცენტრირებულ ექსტრაქტს რეზერვუარებიდან (13) აწვდიან გამფრქვევე საშრობში, რომელიც შედგება: საშრობი კამერისაგან (16), გამფრქვევისაგან (17), მშრალი ექსტრაქტის გამომტანი შნეკური ტრანსპორტიორისაგან (18), ციკლონისაგან (19), სახელოიანი ფილტრისაგან (20) წატაცებული ნაწილაკების დასაჭერად, ვენტილატორისაგან (21) და კალორიფერისაგან (22). საბოლოო ოპერაციაა მზა პროდუქციის დაფასოება.



ნახ.9. მცენარეული ნედლეულის თხევადი და მშრალი ექსტრაქტის წარმოების აპარატურული სქემა

ძირითადი დასკვნები

1. დამუშავებულია ორიგინალური კონსტრუქციის მცენარეული

ნედლეულის საექსტრაქციო აპარატი, რომელშიც პროცესის ინტენსიფიკაცია და მაღალი ტექნოლოგიური ეფექტი მიღწეულია თხევადი და მყარი ფაზების ნარევის ინჟექციური ცირკულაციის მეთოდით.

2. აპარატში მიმდინარე ჰიდრო-დინამიკური პროცესის კვლევის საფუძველზე მიღებულია განტოლებები, რომლებიც ამყარებენ დამოკიდებულებას აპარატის მთავარ კვთებში წნევათა ფარდობით ვარდნას, ფართობებს, სიჩქარეთა და ინჟექციის კოეფიციენტებს შორის, აგრეთვე აპარატის მთავარი კვთების ფართობების ოპტიმალური ფარდობის დამოკიდებულებას სხვა ძირითად ფაქტორებთან.

3. გაანალიზებულია თხევადი და მყარი ფაზების ნარევის მოძრაობის კანონზომიერებები ინჟექტორის შემწოვ და შემრვე მილებში, ცვლადი წნევების და სიჩქარეებისაგან დამოკიდებულებით. მიღებულია ნარევის ნაკადზე გადაცემული დამატებითი ენერგეტიკული ეფექტის საანგარიშო გამოსახულებები.

4. ჩატარებულია მოლეკულური და კონვექციური დიფუზიის, როგორც სტოქასტიკური პროცესების, ალბათური შეფასება და განისაზღვრა ამ პროცესების მიმდინარეობის ძირითადი კანონზომიერებები, რომლებიც აღწერილია მათემატიკური მოდელებით.

5. შედგენილია მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის კინეტიკური პროცესის მათემატიკური მოდელი. მიღებულია ამ პროცესის განმსაზღვრელი კონსტანტას ექსპონენციალური განტოლება. მოცვის ნაყოფიდან ფენოლური ნაერთების გამოყოფის მაგალითზე, წინასწარი ექსპერიმენტული კვლევებით მიღებულია მიზნობრივი პროდუქტის გამოსავლიანობის დამოკიდებულება ძირითად ფაქტორებზე და დადგენილია ემპირიული კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობები.

6. დადგენილია მიზნობრივი პროდუქტის წონასწორულ კონცენტრაციამდე გამოყოფის კინეტიკა და მისი დამოკიდებულება ექსტრაგენტის ტემპერატურაზე, ექსტრაგენტის ცირკულაციური ციკლების სიხშირეზე, ექსტრაგენტის კონცენტრაციაზე და მყარი და თხევადი ფაზების მოცულობითი მასების ფარდობაზე.

7. დადგენილია, რომ ფაზური, წონასწორული კონცენტრაციის დამყარება ფაქტორების სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის ცირკულაციური ეფექტის გარეშე ხდება დაახლოებით 11-12 სთ-ში.

8. დადგენილი და დასაბუთებულია ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ექსტრაჰირების პროცესის ინტენსიფიკაცია თხევადი და მყარი ფაზების ნარევის ინჟექციური ცირკულაციის მეთოდით. ამ მეთოდის გამოყენებით ენერგეტიკული დანახარჯები არსებულ მეთოდებთან შედარებით მცირდება დაახლოებით 10%-ით, ხოლო ექსტრაგენტის ხარჯი – 15%-ით.

9. ლაბორატორიული კვლევებით განისაზღვრა ქართული მთის მოცვის ნაყოფის ქიმიური შემადგენლობა და დადგენდა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლები.

10. ექსპერიმენტულ დანადგარზე მრავალფაქტორიანი ექსპერიმენტის მათემატიკური დაგეგმვით მიღებულია რეგრესიის განტოლებები, რომლებითაც განისაზღვრა შეფასების კრიტერიუმების დამოკიდებულებები მოქმედ ცვლად ფაქტორებთან.

11. ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტის შედეგად მიღებულია პროცესის ოპტიმალური პარამეტრების მნიშვნელობები: ექსტრაქციის ტემპერატურა - $65^{\circ}C$; ეკონომიკური მიზანშეწონილობიდან გამომდინარე ერთჯერადი ექსტრაქციის ხანგრძლივობა – 180 წთ; ფარდობა - “ექსტრაგენტი/ნედლეული” – 10,5 ლ/კგ. თხევადი ფაზის ცირკულაციური მწარმოებლობა 3,7 მ³/სთ.

12. დამუშავდა მოცვის ნაყოფის ბიოლოგიურად აქტიური თხევადი ექსტრაქტის ხარისხის კონტროლის მეთოდი და მიღებულია ექსტრაქტის ანტიოქსიდანტური აქტიურობის მეტროლოგიური მახასიათებლები.

13. დამუშავდა მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის ტექნოლოგიური პროცესის რაციონალური აპარატურული გაფორმების სქემა.

14. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეიძლება დავადგინოთ, რომ ჩვენს მიერ დამუშავებული ექსტრაქტორის მწარმოებლობა 500 ლიტრი ტევადობის შემთხვევაში, საწყისი ნედლეულის მიხედვით

მიხედვით შეადგენს დაახლოებით 12 კგ/სთ, ხოლო ექსტრაქტული ნივთიერებების გამოსავალი – 88%-ს.

დისერტაციის ძირითადი დებულებები ასახულია შემდეგ

სამეცნიერო შრომებში:

1. ნ.თომაძე. მცენარეული ნედლეულის ინჟექტორული ექსტრაქტორის პარამეტრების ანალიზური კვლევა. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია ”მცენარეული ექსტრაქტების ქიმია და ტექნოლოგია”. ქუთაისი, 2011.-8-11 გვ.
2. ზ.ჯაფარიძე, ნ.თომაძე. მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის ჰიდროდინამიკური პროცესის ანალიზური კვლევა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომათა კრებული. 2011, №3(481), 76-79 გვ.
3. ვ. ხვედელიძე, ა. ბანცაძე, გ. გორგოძე, ნ.თომაძე. ნანოდისპერგირების როლი მცენარეული ნედლეულიდან ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ექსტრაქციის პროცესზე. პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი “ნოვაცია”, №8, 2011. – 115-120გვ.
4. ზ.ჯაფარიძე, ვ.ხვედელიძე, ნ.თომაძე მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის ბიო-ფიზიკური მექანიზმი. “გამოყენებითი ქიმიის პრობლემები”. შრომათა კრებული, INBN978-9941-0-1070-5. თბილისი, 2012, 211-214 გვ.
5. ზ.ჯაფარიძე, ნ.თომაძე. მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის კინეტიკური პროცესის კვლევა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომათა კრებული. 2012, №2(484), 86-88 გვ. ISSN1512-0996.
6. ზ.ჯაფარიძე, ნ.თომაძე. ინჟექტორული ექსტრაქციის ენერგეტიკული ეფექტის შეფასება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომათა კრებული. 2012, №3(485), 74-77 გვ. ISSN1512-0996.
7. ზ.ჯაფარიძე, თ.ყიფიანი, ნ.თომაძე. მცენარეული ნედლეულის ექსტრაქციის პროცესის ალბათური შეფასება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომათა კრებული. 2012, №2(484), 83-85 გვ. ISSN1512-0996.
8. ზ.ჯაფარიძე, თ.ყიფიანი, ნ.თომაძე. მელვინეობის მეორადი ნედლეულის გადამუშავების პროცესის ენერგეტიკული შეფასება. “სურსათის უვნებლობის პრობლემები”. თბილისი, 2009, 279-282 გვ.

Abstract

Process-equipment developments and prevention of food extracts of plant materials. Nana Tomadze. 133 p.,53 illustrations, 9 tables.

Extracts of plant materials are widely used as food additives and as preventive medication. Availability of anthocyanin and flavonoids with its expressed mechanism of antioxidant effect in raw materials deserves close attention. Antioxidant effect prevents the reaction of free radicals. According to different authors, these substances bring about a sharp improvement in the functioning of vital organs.

Nowadays, several nominations of biologically active additives to food are known. Official information on the manufacture of food or medical-preventive products using plant materials in Georgia is less accessible. There are no scientific studies and evidence of different types of extraction of plant material characteristics in Georgia. Machine-extraction process requires improvement.

The aim is: to study new methods of extraction of vegetable raw materials, the development of methodological principles of calculation and design of the equipment, to prove technological conditions of extraction process of certain vegetable raw materials and to handle a rational process-instrumental patterns of production.

The scientific novelty of the work is a creation of the original design of the extractor, the mathematical analysis of hydrodynamic, diffusion and kinetic processes in the extractor and the study of the extraction process on the example of a specific plant material, justification of technological regimes and the creation of a process-equipment pattern of production.

The thesis studies and analyses the methods of extraction and its equipment, on the bases of which an original extraction apparatus was designed, where by the circulation of the liquid phase injection, an intensification of the process with high technological effect was achieved.

There are presented theoretical analysis of hydrodynamic processes taking place in the extractor. An equation is formulated for the main sections of the unit which intercommunicates between the differential pressure areas, and injection speed ratio. Dependence of the optimal ratio of the area in the main sections of the unit with other basic parameters are defined as compliance with the law.

Energy evaluation process in the injector extractor is conducted. For this purpose the patterns of motion of the mixture of liquid and solid phases in the suction and mixing tubes are analysed, depending on the variable pressure and velocity. Calculated formula of additional energy, that is transferred to the flow of the mixture, is presented.

Probabilistic assessment of stochastic processes of molecular diffusion and convection is held and the main regularities of these processes are determined and depicted by mathematical expressions. The mathematical model, which describes the kinetic process of extraction of plant materials, is being proposed. An exponential equation of constants in the specified process is formulated. On the example of the fruits of bilberry extract phenolic compounds, preliminary experimental studies were done and the dependence of the yield of the desired product from the main factors and numerical values of the empirical coefficients was obtained. Alongside there are obtained relationships between recovery of the target product to the equilibrium concentration of the following factors: the temperature of the extractant, the frequency of circulation cycles of extractant, its concentration and the ratio of the masses liquid and solid phases. It was stated, that the phase, the equilibrium concentration for different values of the factors, are achieved in approximately 11-12 hours.

The laboratory studies were held on raw fruits- blueberries, which are unique to qualitative and quantitative content of their biologically active substances. Chromatography determined the content of strong antioxidant substances - anthocyanin and flavonoids in dried fruit- blueberries. The analysis made in laboratory on the basis of bilberry extract has shown, that in Georgia the rock blueberries contain approximately 1.4-1.5 times more similar materials to anhocyanin than blueberries in many countries of Europe or America.

Chemical analyse on bilberry extract was performed under high pressure liquid chromatography. A gradient chromatograph had been used. Chromatographic waves were detected at 360 and 510 nm length waves. The solvent systems used were: I. 5% formic acid; II. Methanol. The rate of solvent was 1 ml / min, the amount of the sample - 20 ml, and the duration of chromatography – 45 min.

To obtain the sample solution of anthocyanin, the sample was grounded and 40% ethanol was added, the oxidation was carried out with 1% hydrochloric acid or citric acid, the ratio of the sample and the extractant was - 1:10, extraction duration - 24 hours at room temperature, the extract was subjected to filtration.

To obtain the sample solution of flavonoids, 80% ethanol was added to a particular sample and boiling water extraction was performed for 40 minutes. The extract was filtered and concentrated in a vacuum at a temperature of 500 C.

The amount of extractives, water-soluble substances in the samples of blueberries and its solutions were determined by evaporation, and was brought to a constant weight.

At the pilot production- experimental studies were carried out. The object of the study was selected fruit- Georgian rock blueberry. The method of mathematical planning of multifactor experiment was used. Variable factors were: extraction temperature, duration of extraction, the weight ratio of the extractant and the raw material and the nature of pre-treated bilberry fruit. As the evaluation criteria antioxidant activity of the extract and the yield of extractives were selected. Respectively two regression equations were received .By one-dimensional sections of optimization parameter responses were plotted out the graphic presentation of optimization parameters dependence to variable factors. By solving the problem of optimizing the parameters of blueberry raw fruit pre-treated by categories the best value of limits of criteria were defined: for the antioxidant activity of the extract - 5.9 ... 9.9 units, and to exit the extractives from bilberry fruit - 397 ... 461 kg/t.

Practical interest aroused to state the nature of variability of antioxidant activity of raw materials according to pre-treated options in the process of concentration of blueberry fruit.

It was determined that in the process of concentration a tendency of reduction of antioxidant activity was occurred. In this case, more the initial antioxidant activity of blueberry extract, more intensive is its decrease. In addition might be mentioned that, there is a direct link between the antioxidant activity and pre-treatment options.

In the final part of the results of the development: the method of quality control of the active liquid extract of bilberry was worked out, technological process of concentrated liquid and dry extracts as well as hardware design process was elaborated.