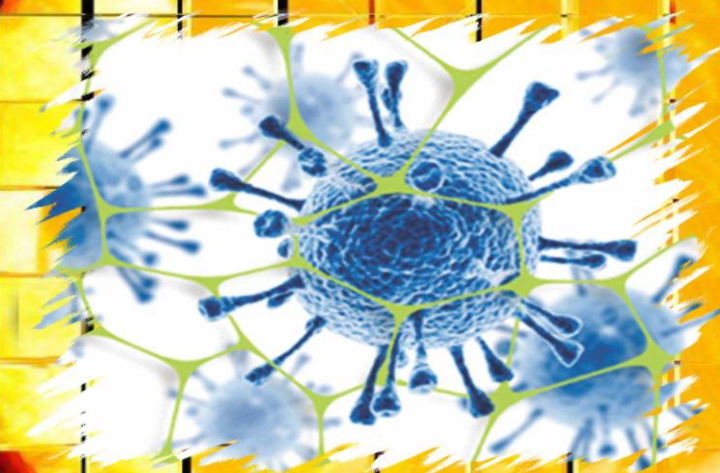


ი. ბეჟანიძე, თ. ხარებავა,
ნ. დავითაძე, ზ. კონცელიძე,
ლ. კონცელიძე



**მცენარეული ეკოლოგიურად
სუფთა სორბენტების მიღება
მემბრანული ტექნოლოგიით**

ი.ბეჟანიძე, თ.ხარებავა, ნ. დავითაძე, ზ.კონცელიძე,
ლ.კონცელიძე

მცენარეული ეკოლოგიურად სუფთა
სორბენტების მიღება მემბრანული
ტექნოლოგიით



სერია : მემბრანული ტექნოლოგია

გამომცემლობა

„შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“

ბათუმი – 2019

მონოგრაფიაში განხილულია მცენარეული სორბენტის - პექტინის მიღება ელექტრო- და ბარომემბრანული მეთოდების გამოყენებით. მიღებულია მყარი და თხევადი სორბენტი და შესწავლილია მძიმე ლითონების სორბცია სორბენტით. მიღებულია სორბენტის, ლითონთა კომპლექსების და პოლიკომპლექსების IK-სპექტრები.

განკუთვნილია სტუდენტების, მაგისტრებისა და ფართო წრის სპეცილობების ინჟინერ-ტექნოლოგებისათვის, რომელთა ინტერესები დაკავშირებულია მემბრანულ ტექნოლოგიასთან.

ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ელექტრომემბრანული ტექნოლოგიით / ი.ბეჟანიძე, თ.ხარებავა, ნ.დავითაძე, ზ.კონცელიძე, ლ. კონცელიძე- ბსუ, 2019 , 123 გვ., 10ცხ., 63 ნახ., 73 ლიტ. წყარო.

რედაქტორი :

სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი : ნ.კიკნაძე

რეცენზენტები:

ქიმიის აკადემიური დოქტორები : ნ.დიდმანიძე

რ. გოცირიძე

ISSN 1987-7587

©, შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მცენარეული საწარმოო ნარჩენებიდან სორბენტის მიღება და გამოყენება მძიმე ლითონების გამოსაყოფად.....	6
1. საკვები ბოჭკოები.....	7
2. ნედლეულის ქიმიური შედგენილობა	10
3. პექტინშემცველი ნედლეული.....	13
4. პექტინის აღნაგობა.....	13
5. პექტინის თვისებები.....	16
5.1 ხსნადობა	16
5.2 ჟელირება.....	17
5.3 ეთერიფიკაციის ხარისხი.....	19
5.4 კომპლექსწარმოქმნა.....	20
6. მოთხოვნები პექტინის ხარისხის (სისუფთავის) მიმართ.....	23
7. პექტინის გამოყენება.....	24
8. პექტინური ექსტრაქტების გაწმენდა და დაკონცენტრირება.....	25
8.1 ბარომემბრანული მეთოდი - ულტრაფილტრაცია.....	25
8.2 ულტრაფილტრაციული დანადგარები.....	30
8.3 პექტინური ექსტრაქტების გაწმენდა და დაკონცენტრირება.....	32
8.4 ელექტროდიალიზი.....	32
8.4.1 ელექტროდიალიზი ბიპოლარული მემბრანებით	36
8.4.2. ელექტროდიალიზური აპარატების კონსტრუქციები და ტექნოლოგიური სქემები.....	39
9. ექსპერიმენტალური მონაცემები და მათი განხილვა.....	43
9.1 კვლევის ობიექტები.....	43
9.2 კვლევის მეთოდები.....	43
9.2.1 პექტინური იზოლატების მიღება, დაკონცენტრირება და პექტინის გამოყოფა	43
9.2.2 სორბენტის-პექტატ- Na ⁺ - მიღება.....	45
9.2.3 ულტრაფილტრაციული პროცესის მწარმოებლურობის განსაზღვრა.....	45
9.2.4 ხსნადი მშრალი ნივთიერებების განსაზღვრა.....	45
9.2.5 პექტინური ნივთიერებების განსაზღვრა.....	48
9.3. მიღებული მონაცემები და მათი განხილვა.....	48

დასკვნა.....	67
ლიტერატურის ნუსხა.....	70
დანართი.....	75
დანართი1 : მიღებული სორბენტის და მეტალკომპლექსის ნიმუშები.....	76
დანართი 2 : მიღებული სორბენტების IK - სპექტრები.....	79

ნატურალური საკვები ბოჭკოების მიღება ნაყოფი პამელას გადამუშავების ნარჩენებიდან..... 99

1.პომელოს მორფოლოგიური დახასიათება, სახეობანი და ქიმიური შემადგენლობა....	100
2. ექსპერიმენტალური ნაწილი	102
2.1 კვლევის ობიექტები.....	102
2.2 კვლევის მეთოდები.....	108
2.2.1 პექტინის მიღება.....	108
2.2.2 ვიტამინ C და ვიტამინ P განსაზღვრა.....	110
2.2.3 ცილების განსაზღვრა.....	111
2.2.4 წყლის განსაზღვრა.....	111
2.2.5 ცხიმების განსაზღვრა.....	111
2.2.6 ნახშირწყლების განსაზღვრა.....	112
2.2.7 ნაცრის განსაზღვრა.....	112
2.2.8 მაკრო - და მიკროელემენტების განსაზღვრა.....	112
2.3 ექსპერიმენტალური მონაცემები და მათი განხილვა.....	113
დასკვნა.....	121
ლიტერატურის ნუსხა.....	122

მცენარეული საწარმოო ნარჩენებიდან სორბენტის მიღება და გამოყენება მძიმე ლითონების გამოსაყოფად

ქვეყნის ეკონომიკურ განვითარებას განსაზღვრავს ნაციონალური შემოსავლების ზრდა, რომელიც შეუძლებელია განხორციელდეს გადამამუშავებელი მრეწველობის დარგების დაჩქარებული განვითარებისა და ტექნიკური გადაიარაღების გარეშე, ეკოლოგიურად სუფთა და უნარჩუნო კომპლექსური ტექნოლოგიების შექმნისა და დანერგვის გარეშე.

საქართველო – აგრარული ქვეყანაა, სადაც დიდი რაოდენობით მოყავთ ხილი და ბოსტნეული. მათი გადამამუშავებისათვის აუცილებელია ისეთი საწარმოო სიმძლავრეების არსებობა, რომლებიც უზრუნველყოფენ საწარმოო ნარჩენების გარეშე მაღალხარისხოვანი, კონკურენტუნარიანი პროდუქციის მიღებას, რომლის რეალიზაცია წარმატებით

განხორციელდება როგორც ქვეყნის შიგნით, ისე მის ფარგლებს გარეთ.

დღეისათვის ქვეყნის ბაზარი გადატვირთულია იმპორტული წარმოების პროდუქციით, ვინაიდან სამამულო ხილისა და ბოსტნეულის გადამამუშავება ხორციელდება შედარებით უხარისხოდ, მცირე რაოდენობით და იმ ტრადიციული ტექნოლოგიით, რომელსაც თან ახლავს ნარჩენების დიდი რაოდენობა. გადამამუშავებელი საწარმოების მიერ არ ხდება ნარჩენების სრულყოფილი გამოყენება, წარმოებს მათი გადაყრა, რაც შემდგომში, მათი ლპობის შედეგად იწვევს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესებას–აბინძურებს ნიადაგს, წყალსა და ჰაერს.

ზემოთაღნიშნული პრობლემური საკითხების რაციონალური გადაწყვეტა შესაძლებელია კომბინირებული ტექნოლოგიით, რომელიც ნაყოფების გადამამუშავების ტრადიციული ტექნოლოგიის გარდა ეფუძნება მემბრანული ტექნოლოგიების – ელექტრო - და ბარო მემბრანული პროცესების გამოყენებას. მემბრანული ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა ფაზური გადასვლებისა და ტემპერატურის მომატების გარეშე, მცირე ენერგოხარჯებით მიღებული იყოს მაღალხარისხოვანი პროდუქცია, რომელიც არ მოითხოვს დამატებით დამამუშავებას. მემბრანული ტექნოლოგიის გამოყენებით შესაძლებელია გაიზარდოს პროდუქციის გამოსავლიანობა და შენახვის ვადა 1,5 - 2 ჯერ, შეიქმნას მაღალხარისხოვანი კვებითი პროდუქტები წინასწარ განსაზღვრული

შედგენილობითა და თვისებებით, მაღალი კვებითი და ბიოლოგიური ღირებულებით.

ცნობილია, რომ გარემოს დაბინძურება ტოქსიკანტებით, კერძოდ მძიმე ლითონების კათიონებით: Fe^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Mn^{+2} , Pb^{+2} , Co^{+2} , Ni^{+2} და სხვა, უარყოფით გავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე, იწვევს პათოლოგიურ ცვლილებებს და მასთან

ბრძოლა შესაძლებელია სამი გზით: ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებით, სრულყოფილი კვებით და ადამიანის ადაპტაციის გაზრდით საცხოვრებელი გარემოსა და დაავადებების მიმართ. გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესება და ადამიანის სრულყოფილი კვების პრობლემის გადაწყვეტა დღეისათვის ჩვენი ქვეყნის ეკონომიური მდგომარეობიდან გამომდინარე გართულებულია.

ამჟამად, მსოფლიო პრაქტიკაში მიღებულია მძიმე ლითონების კათიონების გამოყოფა ქიმიური და ფიზიკური მეთოდებით, ძვირადღირებული სინთეტიკური პექტინით.

მიუხედავად იმისა, რომ დღეისათვის მიღწეულია დიდი და პრინციპულად მნიშვნელოვანი წარმატებები პექტინის წარმოებაში, განსაკუთრებით შესწავლილია მისი ქიმიური აგებულება, ფიზიკო - ქიმიური თვისებები და ბიო-ლოგიური აქტიურობა, მრავალი საკითხი ჯერ კიდევ გადასაწყვეტია, რათა გააზრებულად და მიზნობრივად იყოს გამოყენებული ამ ბუნებრივი ნაერთის შესაძლებლობები.

ზემოაღნიშნული პრობლემების კარდინალური გადაწყვეტა შესაძლებელია მცირე და უნარჩენო ტექნოლოგიების შექმნით, მეორადი მცენარეული რესურსების გამოყენებით, კერძოდ ხილისა და ბოსტნეულის ნარჩენების გადამუშავებით.

სამუშაოს მიზანია: ხილისა და ბოსტნეულის ნაყოფების საწარმოო გადამუშავების ნარჩენებიდან ურეაგენტოდ, თანამედროვე მემბრანული ტექნოლოგიებით, ეკოლოგიურად სუფთა, წყალში ხსნადი და უხსნადი ფორმის პექტინური პოლისაქარიდული სორბენტების მიღების კომპლექსური ტექნოლოგიის შემუშავება, სორბენტების მიღების, სტრუქტურის, თვისებებისა და მოქმედების კანონზომიერებების დადგენა და მძიმე ლითონების შემცველი ბუნებრივი და საწარმოო ჩამდინარე წყლების, დემეტალიზაციის პროცესების შესწავლა.

1. საკვები ბოჭკოები

საკვებ ბოჭკოებს შეიცავს მხოლოდ მცენარეული ნედლეული და მათ მიეკუთვნება შემდეგი ნაერთები: ცელულოზა, ჰემიცელულოზები, პექტინური ნივთიერებები, კამედები, ლორწოები და ლიგნინი (*ცხრ.1*).

დღეისათვის საკვები ბოჭკოები მათი მრავალფუნქციონალურობის გამო წარმოადგენენ ერთ-ერთ ყველაზე მოთხოვნად და გამოყენებად საკვებ ინგრედიენტებს [1-3]. ერთის მხრივ, მათ იყენებენ როგორც ტექნოლოგიურ დანამატებს, რომლებიც

ცვლიან საკვები პროდუქტების სტრუქტურას და ქიმიურ თვისებებს, მეორეს მხრივ ისინი საუკეთესო ფუნქციონალური ინგრედიენტებია, რომლებსაც აქვთ უნარი მოახდინონ დადებითი მოქმედება ადამიანის ორგანიზმის როგორც ცალკეულ სისტემებზე, ასევე მთელ ორგანიზმზე .

საკვები ბოჭკოების კლასიფიკაცია

ცხრილი 1

კლასიფიკაციური ნიშან-თვისებები	საკვები ბოჭკოების ტიპი
ქიმიური აღნაგობა	პოლისაქარიდული საკვები ბოჭკოები (ცელულოზა, ჰემიციელოლოზები და პექტინი)
	არანახშირწყალბადური საკვები ბოჭკოები (ლიგნინი)
ნედლეული	ტრადიციული ნედლეული (პარკოსნები, ძირნაყოფები, მარცლოვანი, ხილი, ბოსტნეული, ციტრუსები, ნიგოზი, სოკო, წყლის მცენარეები))
	არატრადიციული ნედლეული (ლერწამი, მერქანი, მარცლოვანების ღერო)
საკვები ბოჭკოების გამოყოფა ნედლეულიდან	გაუწმენდავი კვების ბოჭკოები
	კვების ბოჭკოები, გაწმენდილი ნეიტრალურ გარე-მოში
	კვების ბოჭკოები, გაწმენდილი მჟავა გარემოში
	კვების ბოჭკოები, გაწმენდილი მჟავა და ნეიტრა-ლურ გარემოში
მსხვილ ნაწლავში მიკრობული ფერმენტაციის ხარისხი.	პრაქტიკულად მთლიანად ფერმენტირებული კვების ბოჭკოები (პექტინი, კამედები, ლორწოები)
	ნაწილობრივად ფერმენტირებული კვების ბოჭკოები (ცელულოზა, ჰემიციელოლოზა)
	არაფერმენტირებული კვების ბოჭკოები (ლიგნინი)
წყალხსნადობა	წყალხსნადი კვების ბოჭკოებ (პექტინი, კამედები, ლორწოები, ცელულოზა)
	წყალში უხსნადი კვების ბოჭკოები (ცელულოზა, ლიგნინი)

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში საკვებ ბოჭკოებს განიხილავდნენ როგორც ბალასტურ ნივთიერებებს კვების რაციონში. ამიტომ, როგორც მეცნიერებების, ასევე ჩვეულებრივი მომხმარებლების დამოკიდებულება საკვები ბოჭკოების მიმართ იყო უარყოფითი. ითვლებოდა, რომ მათ არ გააჩნდათ არავითარი საკვები ღირებულება ორგანიზმისათვის, და უფრო მეტიც, ანელებდნენ საკვების მონელების პროცესებს. კვების პროდუქტების წარმოებაში საკვები ბოჭკოები გამოიყენებოდა მხოლოდ როგორც ტექნოლოგიური ინგრედიენტები [4,5].

ენერგოხარჯები (ამჟამად ისინი შეადგენენ 2200-2500 კკალ /დღეში ერთ ადამიანზე), ხოლო მაღალკალორიული, რაფინირებული საკვების მოხმარება მკვეთრად გაიზარდა, რამაც გამოიწვია ორგანიზმის მთავარი მიმოცვლის და ბიო-ლოგიური წონასწორობის დარღვევა. მოზრდილ მოსახლეობაში გახშირდა სიმსუქნე ამა თუ იმ ფორმით (მიახლოებით 30 წელზე მეტი წლოვანების მქონე მოსახლეობის 55%-ს აღმოაჩნდა ზედმეტი წონა) [6,7]. ამასთან დაკავშირებით იაპონიაში განვი-თარდა ჯამრთელი კვების ტენდენცია, რომელმაც მხარდაჭერა ჰპოვა ამერიკისა და ევროპის ქვეყნებში. მეცნიერულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ არსებობს პირდაპირი კავშირი მიღებული საკვები ბოჭკოების რაოდენობასა და განვითარებულ მთელ რიგ დაავადებებს შორის; რაც ნაკლებია მიღებული ბოჭკოების რაოდენობა, მით მეტია დაავადებების რისკი [8].

ამჟამად, საკვები ბოჭკოები გამოიყენება მიკროკრისტალური ცელულოზის პურ-პროდუქტებში დანამატის სახით, მაგრამ ის მიიღება ზამბის წარმოების ნარ-ჩენებიდან და წარმოადგენს წყლისა და ქიმიური ელემენტებთან მიმართებაში ინერტულ პროდუქტს, რის გამოც მისი სამკურნალო და პროფილაქტიკური მოქმედება უმნიშვნელოა. აგრეთვე გამოიყენება ხელოვნურად მიღებული პექტინი, რომელიც იწარმოება საზღვარგარეთ და ძვირადღირებულია.

2. ნედლეულის ქიმიური შედგენილობა

წვენებისა და ნაყოფების გადამუშავებით მიღებული პროდუქტების კვებითი ღირებულება განისაზღვრება საწყისი ნედლეულის ქიმიური შედგენილობით, რომელიც დამოკიდებულია კულტურების სახეობაზე, გაშენების და სხვა პირობებზე (ცხრ. 2).

ნაყოფის ძირითადი თავისებურებაა – *წყლის მაღალი შემცველობა*: ხილსა და ბოსტნეულში ის მერყეობს 72 დან – 96 %-მდე. წყალში გახსნილია სხვადასხვა ნივ-თიე-რებები, რომლებიც წარმოქმნიან ნაყოფის წვენს [9].

ნაყოფების და კენკროვნების ქიმიური შედგენილობა

(% ნედლ მასაზე გადათვლით)

ცხრილი 2

დასახელება	წყალი	შაქარი	მჟავები	პექტინური ნივთიერებები	მთრიმლავი ნივთიერებები
თესლოვანი ნაყოფები					
კომში	78-88	5,0-12,62	0,8-1,8	0,7-1,9	0,42-0,66
მსხალი	83-85	7,4-16,0	0,1-1,4	0,3-0,8	0,02-0,12
ვაშლი მსხვილნაყოფებიანი	86-89	9,8-22,6	0,2-1,6	0,6-2,1	0,03-0,27
ვაშლი წვრილნაყოფებიანი	76-88	9,8-14,4	0,9-3,2	0,2-0,6	0,06-0,46
ცირცელი	52-81	5,0-13,0	1,5-3,0	0,4-0,6	0,20-1,20
კურკოვანი ნაყოფები					
ალუჩა	87-89	4,5-6,1	3,0-3,9	0,3-0,6	0,02-0,028
გარგარი	83-87	4,5-23,0	0,2-2,5	0,4-1,2	0,02-0,10
ალუბალი	77-87	8,4-14,5	0,9-2,3	0,4-0,6	0,13-0,34
შინდი	82-86	7,1-10,4	2,0-3,0	0,6-0,9	0,5-0,7
ქლიავი	79-86	8,7-15,6	0,4-1,5	0,6-2,0	0,05-0,24
ბალი	74-85	9,9-17,0	0,5-1,0	0,2-0,3.	0,03-0,21
ოღნაშო	88-90	7,0-8,3	1,8-2,5	0,9-1,5	0,90-1,70
კენკროვანი ნაყოფები					
მარწყვი	89-92	5,1-9,1	0,8-2,0	0,9-1,6	0,12-0,41
ჟოლო	84-86	4,6-10,0	1,2-2,0	0,5-0,9	0,13-5,30
სურტკმელი	84-89	8,7-9,5	2,1-2,3	0,6-1,6	0,12-0,20
შავი მოცხარი	76-88	5,0-11,0	2,3-3,5	1,0-2,5	0,33-0,42
წითელი მოცხარი	82-87	6,1-8,0	1,9-2,5	0,2-0,3	0,17-0,33
შტოში	88-90	2,0-6,0	2,0-3,5	0,4-1,3	—
მოცვი	84-88	5,0-8,0	1,0-1,3	0,4-0,7	0,2-0,40
ქაცვი	74-82	2,4-5,0	1,4-3,8	0,3-0,5	0,02-0,12

ხილის კენკროვნები და სხვა ნაყოფები შეიცავენ ასევე ნახშირწყლებს, აზოტოვან ნივთიერებებს, ორგანულ მჟავებს, მთრიმლავ და მღებავ არომატულ ნივთიერებებს, ცხიმებს, ვიტამინებს და მინერალურ ნივთიერებებს.

ნაყოფებში მშრალი ნივთიერებების შემცველობა აღწევს საშუალოდ 10-20%, მათ შორის უხსნადი ნივთიერებები შეადგენენ 2-5%, მეტ წილს კი – უჯრედის წვენში ხსნადი ნივთიერებები (5-18%) [10].

უხსნადი მშრალი ნივთიერებები – ნახშირწყლები, წარმოდგენილია ცელულოზით და თანმხლები ჰემიცელულოზებით, პროტოპექტინით, ასევე ზოგიერთი აზოტოვანი ნივთიერებებით, პიგმენტებით, ფისით, სახამებლით, ლიგნინით და სხვა.

ნაყოფის წვენის ხსნად ნივთიერებებს მიეკუთვნება: შაქრები, მჟავები, აზოტოვანი და ფენოლური წარმოშობის ნივთიერებები, ხსნადი პექტინი და სხვა. ნახშირწყლები განაპირობებენ წვენის კალორიულობას, რაც ნაყოფებისათვის შეადგენს 50-70 კალ. /100 გრამზე. შაქრებისა და მჟავების შერწყმით ფორმირდება ნაყოფების გემო. შაქრების საერთო რაოდენობა მერყეობს 3 -15% [3], დამოკიდებულია კულტურის სახეობაზე და გაშენების პირობებზე. ნაყოფები შეიცავენ გლუკოზას, ფრუქტოზას, საქაროზას (ცხრ.3,4).

შაქრის შემცველობა ნაყოფებსა და კენკროვნებში

ცხრილი 3

<i>№/№</i>	<i>დასახელება</i>	<i>შაქრის შემცველობა, %</i>	<i>დასახელება</i>	<i>შაქრის შემცველობა, %</i>
1	ჭარხალი	12-18	ალუბალი	7-10,6
2	ყურძენი	14-22	ჟოლო	6-7
3	ვაშლი	9,8-10,3	სურტკმელი	8-9,8
4	მსხალი	8-16	ქლიავი	8-12

ნაყოფების და კენკროვნების ქიმიური შედგენილობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება მცენარეების გაშენების პირობებზე დამოკიდებულებით. წვიმიან და ცივ პერიოდში იზრდება ორგანული მჟავების, მცირდება შაქრების, ფენოლური ნაერთებისა და არომატული ნივთიერებების შემცველობა. დაბერებული მცენარეები შეიცავენ შაქრის

უფრო მეტ რაოდენობას ვიდრე ახალგაზრდა. შაქრის ნორმალური შემცველობა 13,5%-მდეა. მცენარეული ნაყოფების წვენი შეიცავს ასევე ორგანულ მჟავებს, ძირითადად ვაშლის -, ლიმონის -, მჟაუნმჟავას და სხვა.

ნახშირწყლების შემცველობა ვაშლის ნაყოფში

ცხრილი 4

<i>N^o/N^o</i>	დასახელება	შემცველობა, %/100გ ნაყოფზე	დასახელება	შემცველობა, %/100გ ნაყოფზე
1	გლუკოზა	2,0	უჯრედისი	1,6
2	საქაროზა	1,5	სახამებელი	0,8
3	ჰემიცელულოზა	0,4	პექტინი	1,0

მჟავას ნორმალური შემცველობა მერყეობს ფარგლებში 0,5% - 0,8%, შესაბამისად საშუალოდ შეადგენს – 0,6%.

სხვა კომპონენტების შემცველობა ნედლეულში ასევე არ არის მაღალი, მაგრამ ისინი მონაწილეობენ სპეციფიკური თავისებურებების ფორმირებაში და გავლენას ახდენენ წვენების კვებით ღირებულებაზე [11,12].

ნაყოფების წვენში ცილოვანი ნივთიერებების შემცველობა მცირეა, კენკროვნებში – შედარებით მეტია და შეადგენს 2,5%. მთრიმლავი ნივთიერებების შემცველობა განაპირობებს ნაყოფების მწკლარტე გემოს [13]. ამ ნივთიერებების გარდაქმნების შედეგად შეიძლება შეიცვალოს გადამუშავების პროდუქტების ფერი და მათი არსებობა განაპირობებს წვენების გაკამკამების აუცილებლობას.

ძირითადი სასარგებლო ნივთიერებები: კალიუმი, ორგანიზმში წყლის ბალანსის და გულის რიტმის რეგულირებისათვის [35].

ამრიგად, ლიტერატურული წყაროების ანალიზის შედეგად დადგენილია, რომ:

- ყოველი სახის ნაყოფის ჯიშისათვის დამახასიათებელია სპირტში უხსნადი ნარჩენის და პექტინური ნივთიერებების განსაზღვრული რაოდენობა, მისი ხსნადი (პექტინის) და უხსნადი (პროტოპექტინის) ფრაქციების თანაფარდობა;
- ყოველ ნაყოფში, ჯიშის სახეობისა და გარე პირობების ცვლილებებისაგან დამოკიდებულებით, აღნიშნული მაჩვენებლები მერყეობს მოცემული ჯგუფისათვის დამახასიათებელ ფარგლებში;

- *თესლოვანი ნაყოფებიდან (ვაშლი, მსხალი, კომში) საერთო პექტინის მაღალი შემცველობით გამოირჩევა ვაშლი და კომში . პროტოპექტინით მდიდარია – კომში, ხსნადი პექტინით– მსხალი;*
- *პექტინური ნივთიერებები სხვა ნახსირწყლებთან ერთად განსაზღვრავენ ნაყოფის რბილობის აღნაგობას და თავისობრივ თავისებურებებს.*

3. პექტინშემცველი ნედლეული

პექტინები მიიღება რთული, ძვირადღირებული ტექნოლოგიით საწარმოო მნიშვნელობის მცენარეული ნედლეულიდან [14-17]. პექტინი მიიღება უმეტესად ციტრუსების, ჭარხლის, ვაშლის გამონაწნებიდან და მზესუმზირის პარკის გულიდან [17,19]. სხვადასხვა სახის ნედლეულიდან ექსტრაქციით მიიღება პექტინის სხვადასხვა რაოდენობები.

პრო-დუცირებს ფერმენტებს. ისინი იწვევენ პექტინის დეეთერიფიკაციას და შესაბამისად პექტინური ნივთიერებების დეგრადაციას. ამიტომ, სპეციალური დამუშავების გარეშე არასასურველია ტენიანი ნარჩენების ხანგრძლივი შენახვა (1-2სთ-ზე მეტი), რადგან ნედლეულის ტრანსპორტირების დროს მთავარი წარმოებიდან გადამუშავების ადგილამდე, პექტინის ხარისხი ქვეითდება [21].

ხილის გამონაწნებიდან უნდა ჩატარდეს წვენის გამოწურვის შემდეგ ან გამონაწნები უნდა გამოიშროს. ასეთი სახით გამონაწნები შეინახება რამოდენიმე თვეს, მაგრამ არა უმეტეს 10 თვისა, რადგან 12 თვის შემდეგ მიღებული პექტინის ლაბის წარმოქმნის უნარი ქვეითდება 10-12%-ით. ახალი ნედლეულიდან გამოყოფილი პექტინურ პრეპარატებს ახასიათებს დიდი მოლური მასა, სისუფთავე და მეტოქსილური ჯგუფების უფრო მაღალი რაოდენობა, ვიდრე მშრალი ნედლეუ-ლიდან ექსტრაგირებულ პექტინებს. მიუხედავად ამისა, საწარმოო ხერხით დაკონსერვირებული პექტინშემცველ ნედლეულის ანალიზი უჩვენებს, რომ პექტი-ნის წარმოებისათვის უკეთესია მშრალი ნედლეულის გამოყენება.

4. პექტინის აღნაგობა

პექტინი შედის მცენარეთა უჯრედოვანი ქსოვილების სტრუქტურული ელემენტების შემადგენლობაში. პექტინის ყველაზე დიდი რაოდენობა იმყოფება კანში, ლა-მელებში და გულში, ის აკავშირებს ხილისა და ბოსტნეულის უჯრედების ასო-ციაციებს(ნახ.1). უჯრედოვანი კედლის მშრალი სუბსტანციის 1/3 – პექტინური ნივთიერებებია, რომლებიც მცენარეებში ასრულებენ ორ ძალიან მნიშვნელოვან ფუნქციას: გაჯირჯვების უნარის და

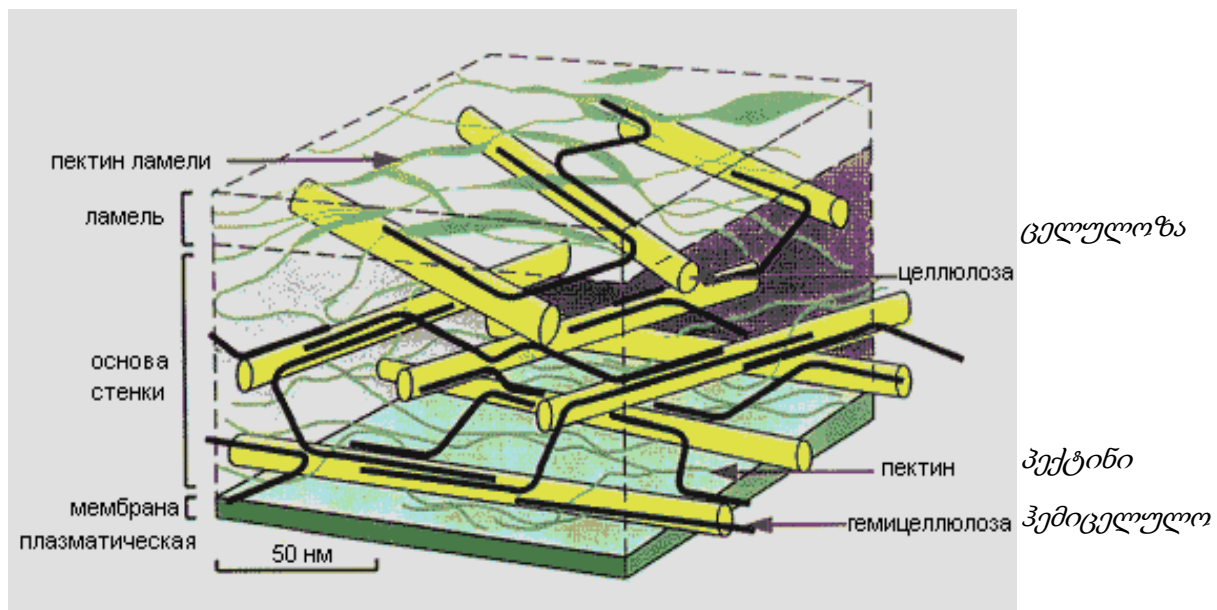
კოლოიდური ბუნების საფუძველზე ისინი არეგულირებენ წყლის მიმოცვლას უჯრედებს შორის, აკავშირებენ და ამაგრებენ უჯრედოვანი კედლის კომპონენტებს, რითაც ანიჭებენ რბილ მცენარეთა ქსოვილებს დრეკად ფორმას [1,23].

ქიმიური ბუნებით პექტინები წარმოადგენენ მაკრომოლეკულურ ნაერთებს და უახლოვდებიან ჰემიცელულოზებს – კოლოიდურ პოლისაქარიდებს ან მცენარეთა გლუკოპოლისაქარიდებს. ისინი შეიძლება განვიხილოდ როგორც უჯრედო-ვანი კედლების მაღალმოლეკულური პოლისაქარიდები, რომლებიც მიეკუთვნება წრფივ კოლოიდებს 10^{-4} მმ მოლეკულის სიგრძით. პექტინურ პოლისაქარიდებში დომინირებენ პოლიურონმჟავები. პექტინური ნივთიერებების მოლეკულა წარმოადგენს არაგანშტოებულ ჯაჭვს, რომელიც შედგება D-გალაქტურონ მჟავას ნარჩენებიდან. ისინი დაკავშირებულია α -(1-4) გლიკოზიდური ბმებით ძაფისებრ გალაქტურონ (პექტინურ) მჟავას მოლეკულაში (ნახ.2).

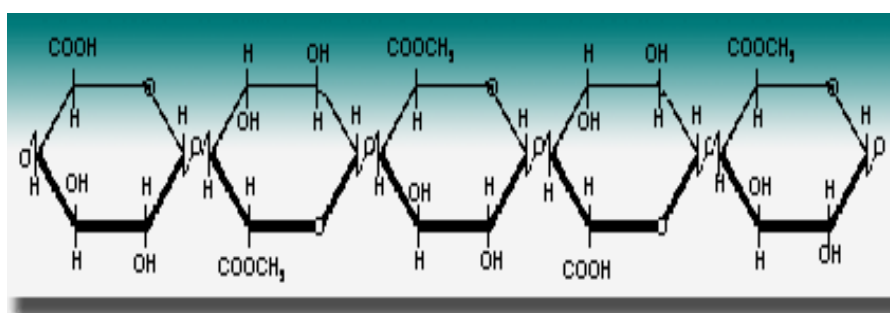
მაღალმოლეკულური პექტინის მოლეკულა შეიცავს D-გალაქტურონ მჟავას ნარჩენების 300–დან 1000–მდე და მეთ ერთეულს, რაც შეესაბამება მიახლოებით 50000–დან 20000–მდე მოლურ მასას [22]. პექტინის ფხვნილი მცირე რაოდენობით შეიცავს ნეიტრალურ მონოსაქარიდების: L – არაბინოზის, D – გალაქტოზის, D – ქსილოზის და ფრუქტოზის ნარჩენებს, რომლებიც უერთდება პექტინურ მოლეკულებს გვერდითი ჯაჭვების სახით, მთავარი ჯაჭვი კი – შეიცავს რამნოზას, რომელიც წარმოადგენს პექტინის მოლეკულის ნაღუნის კვანძს (ნახ.3). პექტინური [23] ფხვნილის შემადგენლობა დამოკიდებულია საწყის ნედლეულზე, რადგან სხვადასხვა სახის ხილი, ბოსტნეული და სამკურნალო მცენარეები შეიცავენ მხოლოდ მათთვის დამახასიათებელ კომპონენტებს.

პექტინური ნივთიერებები, გარდა პოლიგალაქტურონ მჟავას მოლეკულისა, შეიცავენ სხვა ნაერთებს, ამიტომ პექტინი ითვლება პექტინად, თუ პოლიგალაქტურონ მჟავას რაოდენობა, რომელიც განაპირობებს პექტინის „ქცევას“ და თვისებებს, არა ნაკლებ 65%-საა. პექტინის ძაფისებრი სტრუქტურა მოყვანილია ნახ.4-ზე. მცენარეული უჯრედი შეიცავს პექტინური ნივთიერებების ორ ფორმას: ხსნად ანუ ჰიდროპექტინს და უხსნად ანუ პროტოპექტინს, რომელიც წარმოადგენს პექტინის და ცელულოზის მდგრად ნაერთს. პროტოპექტინის დაშლა – ხსნადი პექტინის მიღების დამატებითი წყაროა [24,25].

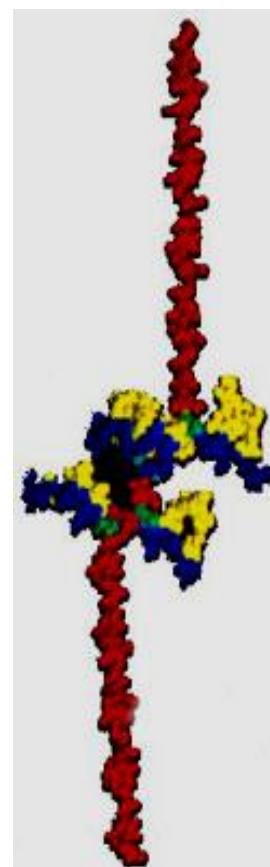
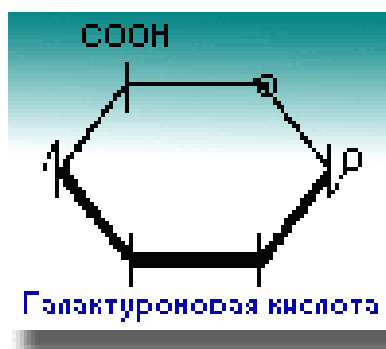
პექტინის კლასიფიკაციას ატარებენ მეტოქსილირების ხარისხით ანუ გალაქტურონ მჟავას მეტოქსილური ჯგუფების ($-OCH_3$) შეფარდებით მოლეკულის ყველა მჟავა ნარჩენებთან. ანსხვავებენ: მაღალ – და [26] დაბალმეტოქსილირებულ პექტინებს. მეტოქსილირების ხარისხი (ეთერიფიკაცია) მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს პექტინის მთავარ თვისებებზე.



ნახ.1 მცენარეული უჯრედის კედლის აღნაგობა.



ნახ.2 პექტინური მოლეკულის ქიმიური აღნაგობა

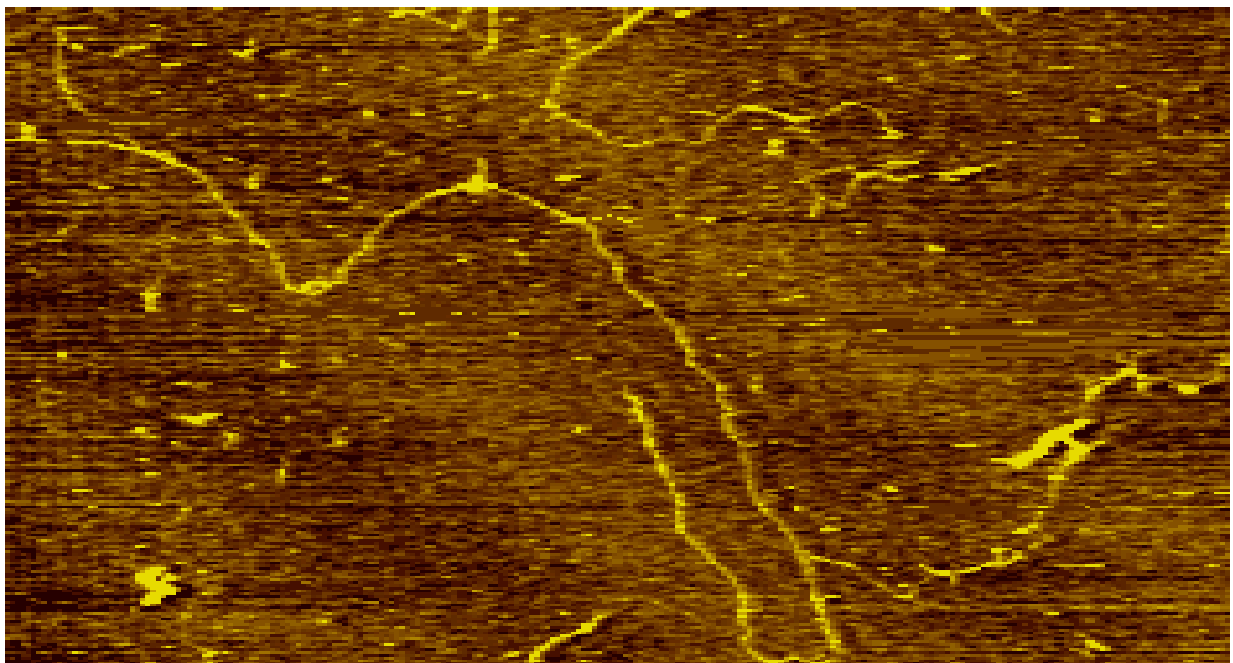


ნახ.3 პექტინის მოლეკულის მოდელი არაბინოგალაქტანის გვერდითი ჯაჭვებით

5. პექტინის თვისებები

5.1 ხსნადობა

სხვადასხვა მცენარეული ნედლეულიდან და ხერხით მიღებული პექტინური ნივთიერებები წარმოადგენენ უსუნო, ლორწოვანი გემოთი, ღია კრემის ფერიდან მუქყავისფერამდე ფხვნილს. ციტრუსოვანი პექტინი უფრო ღია ფერისაა ვიდრე ვაშლის. ტენიან ატმოსფეროში პექტინი სორბირებს 20%-მდე წყალს. წყლის სიჭარბეში პექტინი იხსნება : ჯერ იჯირჯკება განსაზღვრულ ზომებამდე, შემდეგ - იხსნება. თუ პექტინის ნაწილაკები წყალთან შეხებისას ახლოს იმყოფებიან ერთმანეთთან, ისინი იწოვენ წყალს, იჯირჯკებიან და ეწეებიან ერთმანეთს ერთი დიდი კომპტის წარმოქმნით, რომელიც ძალიან ნელა იხსნება წყალში. ამ მდგომარეობის აცილების მიზნით პექტინის ფხვნილის ნაწილაკები წყალთან შეხების მომენტში უნდა განცალკავდეს ერთმანეთისაგან, რათა არ მოხდეს მათი შეწყება. პექტინის ასეთი ქცევა დამახასიათებელია ყველა ჰიდროკოლოიდებისათვის. განცალკავებას და გახსნას ხელს უწყობს შაქრის დამატება - პექტინი გაიხსნება ცივ წყალშიც და მიიღება 4% ხსნარი. უფრო მაღალი კონცენტრაციის მისაღებად პექტინი უნდა გაიხსნას ცხელ წყალში ხსნარის მიყვანით ადუღებამდე, შემდგომი დუღილით 1 წუთის განმავლობაში [27,28] .



ნახ.4 პექტინის ფოტო

თუ გარემო შეიცავს შაქრის დიდ რაოდენობას პექტინი მცირედ ან პრაქტიკულად არ იხსნება წყალში. ამიტომ, პექტინი ჯერ უნდა გაიხსნას, შემდეგ კი - დაემატოს შაქარი.

მაღალმეტოქსილირებული პექტინები იხსნება გარემოში, რომელიც შეიცავს ხსნადი ნივთიერებების არა ნაკლებ 20%-ს. პექტინი კარგად იხსნება თხევად ამიაკში და 84% H_3PO_4 -ში. გლიცერინში პექტინური ნივთიერებები მხოლოდ იჯირჯვება, დანარჩენ ორგანულ და არაორგანულ გამხსნელებში ისინი პრაქტიკულად უხსნადია.

უხსნად პროტოპექტინს გააჩნია ზღვრული გაჯირჯვება წყალში. ტუტე ლითონების, ამონიუმისა და ორგანული ფუძეების (პირიდინის, ნიკოტინის, მორფინის) პექტატები კარგად იხსნება წყალში. პოლივალენტური და მძიმე ლითონების მარილები – უხსნადია [29,30].

ხსნადობა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ეთერიფიკაციის ხარისხზე: ხარისხის გაზრდით, მოლეკულის ზომის ანუ მოლური მასის შემცირებით, პექტინის ხსნადობა წყალში იზრდება. მაღალმეტოქსილირებული პექტინები უფრო ხსნადია ვიდრე დაბალმეტოქსილირებული. თუ პექტინური მჟავები არ შეიცავენ მეტოქსილირებულ ჯგუფებს, ისინი, მიუხედავად მათი დაბალი მოლური მასისა, არ იხსნება წყალში.

პექტინი წყალთან ურთიერთქმედებისას იჯირჯვება და მისი მოლეკულების პოლარული ჯგუფები მხოლოდ ჰიდრატირებენ, ჯაჭვის ყოველივე რგოლს უკავშირდება წყლის 10 მოლეკულა (სამი მოლეკულა ერთ ჰიდროქსილის და ოთხი მოლეკულა ერთ კარბოქსილის ჯგუფს). წყალხსნარებში პექტინს აქვს სპირალისებური ფორმა

პექტინური ნივთიერებების ხსნადობით ისაზღვრება მათი ექსტრაგირების უნარი მცენარეული ნედლეულიდან. *პექტინის მოლური მასა, მეტოქსილური შემადგენელი და აგრეთვე სხვა ფუნქციონალური ჯგუფების არსებობა მნიშვნელოვნად საზღვრავს პექტინის კავშირის ხასიათს უჯრედული კედლის სხვა კომპონენტებთან და როგორც შედეგი – პექტინის ადვილ და ძნელ გამოყოფას ნედლეულიდან.*

პექტინის ხანგრძლივი შენახვისას მხედველობაში მისაღებია ის ფაქტი, რომ თუ ატმოსფერული ჰაერის ტენიანობა შეადგენს 50% –ს, პექტინი სორბირებს ტენის 9%, თუ 70% – 12%-ს [31].

5.2 ქელირება.

პექტინის ერთ-ერთი მთავარი თვისებაა – ქელირების უნარი, რომელსაც განაპირობებს პექტინის მოლეკულის განსაკუთრებული ქიმიური აღნაგობა და აგრეთვე სხვა მშრალი ხსნადი ნივთიერებების არსებობა, pH ან კალციუმი. ქელირების უნარმა განაპირობა მისი ფართო გამოყენება მრეწველობაში [29,32].

ქელირება – პროცესია, რომლის დროსაც ცხელი პექტინისა და განსაზღვრული

ნივთიერებების შემცველი ხსნარი, გაცივებისას წარმოქმნის საკუთარი ფორმის მქონე მკვრივ სხეულს. პექტინის გრძელი სპირალისებრი მოლეკულები ჟელეს მასაში წარმოქმნიან თანაბრად განაწილებულ სამგანზომილებიან ქსელს და ამ დროს იკავებენ სითხის დიდ რაოდენობას. პექტინური ნივთიერებების მაქელირებელი უნარი მათი მოლეკულური მასის (პექტინური მოლეკულის ჯაჭვის სიგრძის), რომელიც აღწევს 20000, პროპორციულია. მოლეკულის წრფივი ზომა – 1600 Å. ჟელირების პროცესისათვის პექტინის მოლეკულური მასა უნდა შეადგენდეს არა ნაკლებ 20000.

მაღალეთერიფიცირებული პექტინი(ეთერიფიკაციის ხარისხი 50%-ზე მეტია) ჟელირებს მჟავა გარემოში (pH=1-3,5) და ხსნარში მშრალი ხსნადი ნივთიერებების (შაქრის) რაოდენობა შეადგენს 55-85%. მაქსიმალური მაქელირებელი უნარი გააჩნია პექტინს, თუ შაქრის რაოდენობა - 60-65%. წარმოქმნილი გელის ტექსტურა და ჟელირების სიჩქარე მჭიდროდ დაკავშირებულია ეთერიფიკაციის ხარისხთან. ერთნაირ პირობებში [33,34] მაღალეთერიფიცირებული პექტინები ჟელირებენ უფრო მაღალ ტემპერატურაზე და უფრო ჩქარა, ვიდრე დაბალეთერიფიცირებული. გარდა ამისა, ისინი წარმოქმნიან მყიფე ტექსტურის და მინიმალური ბლანტი თვისებების მქონე გელებს.

მაღალეთერიფიცირებული პექტინების ეთერიფიკაციის ხარისხის დაქვეითებისას კარგი ჟელირებისათვის საჭიროა მჟავას დამატება, რომელიც შეამცირებს პექტინის თავისუფალი კარბოქსილური ჯგუფების ელექტროსტატიკურ განზიდვას. პექტინური გელის წარმოქმნაზე დიდ გავლენას ახდენს [35] ლითონების დივალენტური იონები (საკვები სისტემებისათვის ეს - Ca^{2+}), არავითარ გავლენას არ ახდენს ხსნადი მშრალი ნივთიერებების არსებობა და pH. მოქმედებს ფორმულა: "არის კალციუმი - არის გელი". დამატებული Ca^{2+} იონები ახდენენ გავლენას ჟელირების ტემპერატურაზე და გელის ტექსტურაზე. Ca^{2+} იონების კონცენტრაციის გაზრდით ტექსტურა ხდება უფრო მკვრივი და უფრო მყიფე. ოპტიმალური ტექსტურის შექმნას უზრუნველყოფს პექტინისა და კალციუმის შემცველობის სწორი შეფარდება. კალციუმის ზედმეტი რაოდენობა იწვევს მყიფე გელის წარმოქმნას, რომელსაც ექნება ძლიერი მიდრეკილება სინერეზისისა და საბოლოოდ მარილის-კალციუმის პექტატის გამოლექვის მიმართ [36].

პექტინების მაქელირებელ თვისებებს არეგულირებს. კარბოქსილური ჯგუფების შიდამოლეკულური განაწილება, რომელიც დამახასიათებელია ვაშლის პექტინებისათვის. ციტრუსოვან პექტინებს, რომლებსაც აქვთ ვაშლის პექტინების მაგვარი ეთერიფიკაციის ხარისხი, ახასიათებს ჟელირების უფრო მაღალი ტემპერატურა და წარმოქმნილი გელების უფრო მყიფე ტექსტურა [37].

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს :

- გელის სიმტკიცეზე ახდენს გავლენას პექტინის ტიპი, რაოდენობა, მშრალი ნივთიერებების (შაქრის) შემცველობა, pH-ის მნიშვნელობა, დამატებული მჟავას ქიმიური ბუნება, რეცეფტურულ ნარევეში ბუფერული მარილებისა და Ca^{2+} იონების შემცველობა;
- მთლიანად ეთერიფიცირებული პექტინი (ეთერიფიკაციის ხარისხი - 100%) არ შეიცავს აქტიურ ჯგუფებს და ამიტომ ის არ ჟელირებს; თუ პექტინის ეთერიფიკაციის ხარისხი - 0%, ის ვერ ჟელირებს, რადგან უხსნადია;
- ყველა მაჟელირებელი და გამასქელებელი თვისებების მქონე ჰიდროკოლოიდებიდან, მხოლოდ პექტინს ახასიათებს მაღალი სტაბილურობა pH-ის მჟავა სპექტრში და მდგრადობა განივი დატვირთვის მიმართ.

5.3 ეთერიფიკაციის ხარისხი

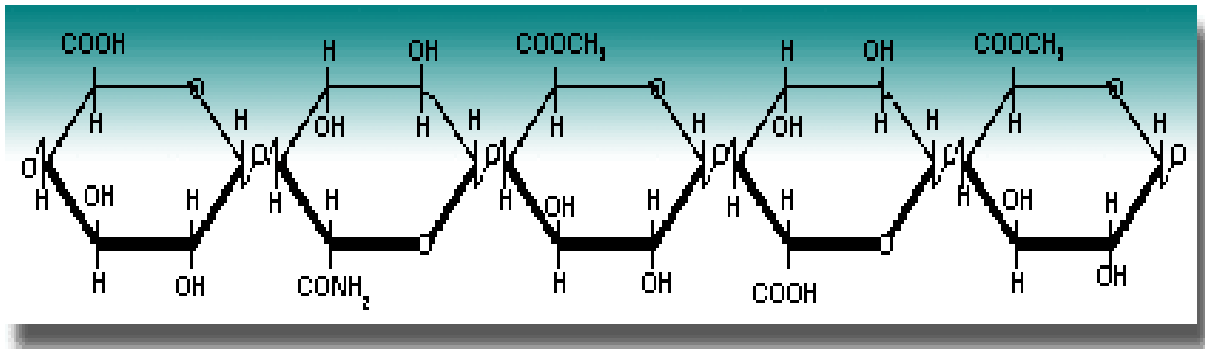
პექტინური ნივთიერებები - მაკრომოლეკულური ნაერთებია, რომლებიც წარმოადგენენ გრძელ პოლისაქარიდულ ჯაჭვს. ამ ჯაჭვის მთავარი რგოლები დაკავშირებულია ერთმანეთთან D-გალაქტურონ მჟავას ნარჩენებით. მაღალმოლეკულურ პექტინში რგოლების რაოდენობა აღწევს 1000-ს ერთეულს. ნან.2 - ზე მოყვანილია პექტინის მოლეკულა, რომელიც შედგება D -გალაქტურონ მჟავას ხუთი მოლეკულიდან, აქედან მხოლოდ სამი მეტოქსილირებულია (ეთერიფიცირებული) მეთანოლით და ეთერიფიკაციის ხარისხი შეადგენს 35 - 60%. მეტოქსილირების ხარისხის მიხედვით ყველა საწარმოო პექტინები იყოფა ორ ჯგუფად :

- მაღალეთერიფიცირებული (ვაშლის, ციტრუსოვანი და სხვა ხილი);
- დაბალეთერიფიცირებული (ჭარხლის, კვახი და სხვა ბოსტნეული)

თუ ეთერიფიკაციის ხარისხი უდრის ან > 50%-ზე პექტინი მაღალეთერიფიცირებულია, თუ კი <50%-ზე-დაბალეთერიფიცირებული.ორივე სახის პექტინები წარმოქმნიან გელებს განსხვავებულ პირობებში, მაგრამ ორივე შემთხვევაში აუცილებლად უნდა შეიქმნას ჟელირებისათვის საჭირო პირობები.

მცენარეული ნედლეულიდან ექსტრაქციისას, პექტინის ეთერიფიკაციის უმაღლესი

ხარისხი აღწევს 75-80%-ს. დაბალეთერიფიცირებული პექტინი ხშირად მიიღება მჟავა და ტუტე გარემოში მაღალეთერიფიცირებული პექტინიდან. თუ პექტინის დეეთერიფიკაციას ატარებენ ამიაკით, კარბოქსილური ჯგუფების წყალბად იონების ნაწილი ჩაინაცვლება ამიდური-NH₂ ჯგუფებით. ასეთ დაბალეთერიფიცირებულ პექტინს ეწოდება ამიდირებული (ნახ.5).



ნახ.5 ამიდირებული პექტინური მოლეკულის ქიმიური აღნაგობა.

ამიდირებული პექტინების თვისებები დამოკიდებულია პექტინის მოლეკულაში ეთერული და ამიდური ჯგუფების შეფარდებაზე, აგრეთვე პოლიმერიზაციის ხარისხზე [37,38].

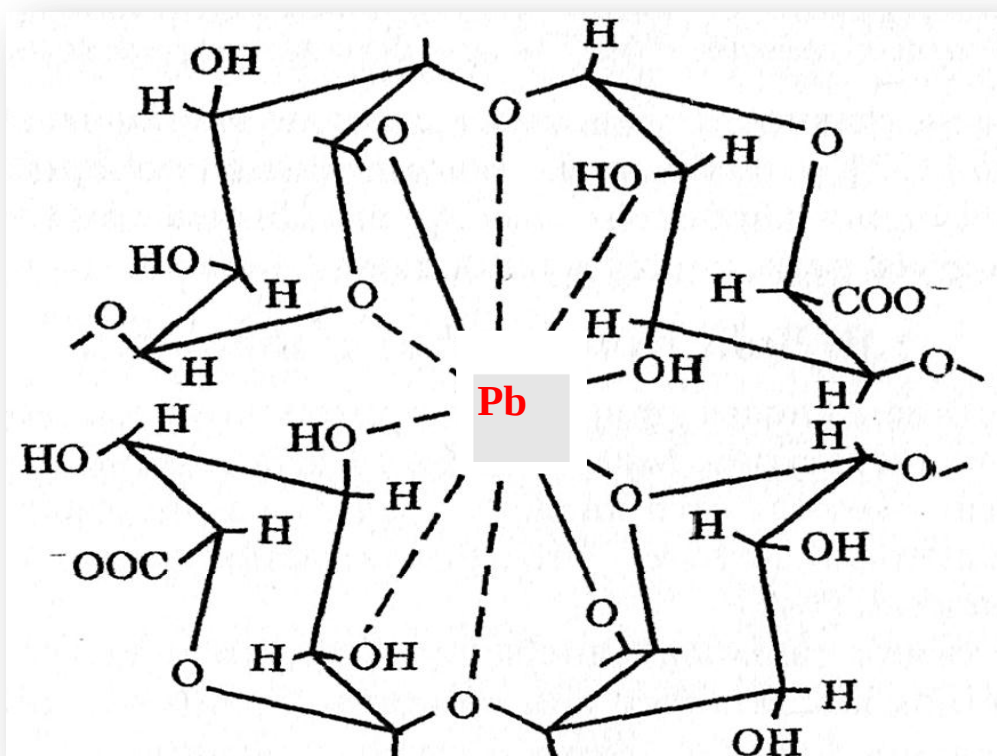
5.4 კომპლექსწარმოქმნა

კომპლექსწარმოქმნის უნარი დაფუძნებულია პექტინის მოლეკულის ურთიერთქმედებაზე მძიმე და რადიოაქტიური ლითონების იონებთან, ამიტომ პექტინი შეაქვთ იმ პირების კვების რაციონში, რომლებიც იმყოფება რადიონუკლიდებით დაზინძურებულ გარემოში და რომლებსაც აქვთ კონტაქტი მძიმე ლითონებთან. ადამიანის ორგანიზმისათვის განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს ცეზიუმის (¹³⁷Cs), სტრონციუმის (⁹⁰Sr), იტრიუმის (⁹¹Y). დაბალეთერიფიცირებული ჭარხლის პექტინი ყველაზე კარგად ანეიტრალებს მძიმე ლითონების და რადიონუკლიდების მოქმედებას ადამიანის ორგანიზმზე. დადგენილია რომ, მცენარეულ საკვებში მყოფი სტრონციუმი გამოირჩევა მაღალი ძვრადობით და შეიძლება გამოიყოს კუჭის წვენის მარილმჟავათი. ის გადადის ადვილადსორბირებად მდგომარეობაში და მიმდინარეობს მისი სორბირება იონიტებით. ამ შემთხვევაში, დაბალეთერიფიცირებული პექტინი ნაკლებად დეგრადირებს კუჭნაწლავის ტრაქტში, ვიდრე მაღალეთერიფიცირებული. დაბალეთერიფიცირებული პექტინის აქტიურობა იწყება კუჭში, რაც ნიშნავს უფრო ნაადრევ და ხანგრძლივ კონტაქტს

რადიონუკლიდებთან საკვების მომწოდებელ ტრაქტში. რადიონუკლიდებთან პექტინების კომპლექსწარმოქმნის ხანგრძლიობა შეადგენს 1 - 2 საათს, იშვიათად 3 - 4 საათს, რაც უზრუნველყოფს მძიმე ლითონების იონების უფრო ეფექტურ შეკავშირებას. დადგენილია რომ, ჭარხლის პექტინის 1გრამს შეუძლია დააკავშიროს სტრონციუმის 150 – 420 მგ.-მდე. კობალტის ერთი წილის მოქმედებით 100 წილ პექტინთან , უხსნად კომპლექსში შეკავშირებული იქნება და გამოიყვანება ორგანიზმიდან ლითონის 89% [39].

ეთერიფიკაციის ხარისხი განსაზღვრავს მაკრომოლეკულის მუხტის წრფივ სიმკვრივეს და აქედან -კათიონების დაკავშირების ძალასა და ხერხს. მაღალი ეთერიფიკაციის ხარისხის მქონე პექტინში თავისუფალი კარბოქსილური ჯგუფები, რომლებშიც ჩართულია C_6 , მნიშვნელოვნად დაშორებულია ერთმანეთისაგან. ამ დროს პექტინური მჟავას კალციუმისა და სტრონციუმის მარილები პრაქტიკულად მთლიანად დისოცირდებიან. ეთერიფიკაციის ხარისხის შემცირებით ანუ მაკრომოლეკულის მუხტის გაზრდით, პექტინური ნივთიერებების კავშირი კათიონებთან იზრდება; პექტატებისა და პექტინატების სტაბილურობის კონსტანტა იზრდება ლოგარითმულ დამოკიდებულებასთან მიახლოებული ფუნქციის მიხედვით. თუ ეთერიფიკაციის ხარისხი შეადგენს 40%, იცვლება კონფორმაცია, რაც იწვევს პექტინური მაკრომოლეკულების აგრეგირებას და მტკიცე შიდამოლეკულური ხელა-ტური ბმის წარმოქმნას [163].

კომპლექსწარმოქმნის უნარი არ არის დამოკიდებული პექტინის მოლეკულურ მასაზე და განისაზღვრება კათიონური მიმოცვლის (KM^{2+}/M^+) სელექტიურობის კოეფიციენტით, რომელიც წარმოადგენს ორვალენტიანი კათიონით გაჯერებული პექტინური ნივთიერებების მახასიათებელს. კოეფიციენტი (KM^{2+}/M^+) Cu^{2+} , Pb^{2+} , Co^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+} –თვის შესაბამისად უდრის 3300, 2580, 241, 120, 121. პექტმჟავას სორბციული უნარის გამოკვლევამ აჩვენა, რომ კათიონები „ აქტიურობის“ მიხედვით განლაგდება რიგში : $Mn^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+} > Pb^{2+} > Ni^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+}$. ასეთი თანმიმდევრობა აიხსნება იმით, რომ მანგანუმის, სპილენძის, კობალტისა და ნიკელის კათიონები გარდა $P(COO)_2Me$ ტიპის ნაერთებისა, წარმოქმნიან სხვა სახის ნაერთებს მაკრომოლეკულების ოქსიჯგუფებთან (გარდა კარბოქსილურისა) ურთიერთქმედების ან $P(COO)Me(COOCH_3)$ ტიპის მარილის წარმოქმნის ხარჯზე (ნახ.6). პექტინის კომპლექსწარმოქმნის უნარი გარემოს pH -ის გაზრდით, იზრდება. მზესუმზირის კალათებიდან მიღებული პექტინი pH=1,8–2,0 –ზე აკავშირებს შეყვანილი სტრონციუმს 28,5%-ს, pH=3,6–3,7 –ზე – 52%, pH=7,6-7,7 – 72%-ს.



ნახ.6 მძიმე ლითონთან (Pb) პექტინის კომპლექსური ნაერთის წარმოქმნის

ჭარხლის პექტინი pH-ის იგივე მნიშვნელობებზე შესაბამისად აკავშირებდა შეყვანილი სტრონციუმს რაოდენობიდან 26.4, 36.0 და 64,0%. სტრონციუმ-პექტინის მასური შეფარდება ყველა ცდაში უდრიდა 36 : 15. პექტინით ლითონების დაკავშირების ხარისხი დამოკიდებულია ამ კომპონენტების შეფარდებაზე. ხსნარში, კობალტის 1 წილის ურთიერთქმედებისას მზესუმზირის 10 წილთან, იკავება ლითონის 7,8%, 1:100 შეფარდების დროს – 80,2%; თუ ხსნარი შეიცავს 0,5% ჭარხლის პექტინს – იკავება 75% სტრონციუმი. დადგენილია, რომ ჭარხლის პექტინი თავისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით (დაბალი ეთერიფიკაციის ხარისხით და თავისუფალი კარბოქსილური ჯგუფები დიდი რაოდენობით) წარმოადგენს მძიმე ლითონების, რადიონუკლიდების და ნარჩენი პესტიციდების გამოყოფის საუკეთესო ბუნებრივ ადსორბენტს - კომპლექსწარმოქმნელს. ამ მაჩვენებლის მიხედვით ჭარხლის პექტინი წარმოადგენს პროფილაქტიკური დანიშნულების კვების პროდუქტების წარმოებაში შეუცვლელ ნივთიერებას.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ქიმიური თვისების მიხედვით კვების პროფილაქტიკური

და სამკურნალო პროდუქტების წარმოებაში პექტინი-შეუცვლელი კომპონენტია. მისი დღე-ღამის ოპტიმალური პროფილაქტიკური დოზა შეადგენს – 4გრ., რადიოაქტიური დაბინძურების პირობებში – არა ნაკლებ 15–16 გრ.

6. მოთხოვნები პექტინის ხარისხის (სისუფთავის) მიმართ.

ცხრილში მოყვანილია ხარისხის ძირითადი მაჩვენებლები, რომლითაც ატარებენ კომერციული პექტინის ატესტაციას JECFA, FCC, EEC საერთაშორისო სტანდარტების ფარგლებში.

პექტინის ხარისხის მთავარი მაჩვენებლები

ცხრილი 5

№/№	მაჩვენებელი	JECFA	FCC	EEC
1	გალაქტურონ მჟავა, არა ნაკლებ, %.	65	65	65
2	მჟავაში უხსნადი ნაგარი, არა უმეტეს, %.	1	1	1
3	დანაკარგები შრობისას, არა უმეტეს, %.	12	12	12
4	ამიდირების ხარისხი, არა უმეტეს, %.	25	25	25
5	აზოტის შემცველობა პექტინში, არა უმეტეს, %.	2,5	-	0,5
6	აზოტის შემცველობა ამიდირებულ პექტინში, არა უმეტეს, %.	-	-	2,5
7	მეთილნატრიუმის სულფატი, არა უმეტეს, %.	-	0,1	-
8	მეთილის, ეთილის და იზოპროპილის სპირტების ჯამი, %.	1	1	1
9	გოგირდის დიოქსიდი, არა უმეტეს, მგ/კგ.	50	50	50
10	დარიშხანი, არა უმეტეს, მგ/კგ.	3	3	3
11	სპილენძი, არა უმეტეს, მგ/კგ.	50	-	-
12	თუთია, არა უმეტეს, მგ/კგ.	25	-	25
13	სპილენძის და თუთიის ჯამი, არა უმეტეს, მგ/კგ.	-	-	50
14	ტყვია, არა უმეტეს, მგ/კგ.	10	5	10
15	მძიმე ლითონები ტყვიაზე გადათვლით, არა უმეტეს, მგ/კგ.	-	20	-

- *JECFA* - საერთაშორისო ჯანდაცვის ორგანიზაციის საკვები დანამატების გაერთიანებული საექსპერტო კომიტეტი;
- *FCC* – საკვები ნივთიერებების საერთაშორისო კოდექსი;
- *EEC* – ევროპული თანასაზოგადოების კანონმდებლობა.

ცხრილიდან ჩანს რომ, მთავარი მახასიათებლების სახით ჩართულია მახასიათებლები, რომლებიც ასახავენ გალაქტურონ მჟავას (მთავარი ნივთიერებების) შემცველობას და აგრეთვე ქიმიური ბუნების დამაბინძურებლების დასაშვები დონის მაჩვენებლები. პექტინის ხარისხზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ნედლეულის ხარისხი და წარმოების პროცესი. ამასთან დაკავშირებით, აუცილებელი ხდება პექტინის სტანდარტიზაცია წარმოქმნილი გელის ხარისხით, რაც განსაკუთრებით [40,41] მნიშვნელოვანია საკონდიტრო მრეწველობისათვის. ამ მიზნით გამოიყენება მიღებული *USA-SAG* - ის მეთოდი გელის შიდასიმტკიცის გახლეჩვაზე გაზომვით. ამით გარანტირებული იქნება მაღალეთერიფიცირებული პექტინის ერთნაირი ქცევა ჟელირების დროს. ზოგ სფეროებში იყენებენ სტანდარტიზაციას ჟელირების დროთი და ტემპერატურით.

7. პექტინის გამოყენება:

კვების პროდუქტებში, როგორც :

- ლაბის წარმომქმნელი საკონდიტრო მრეწველობაში ;
- დანამატი სამკურნალო პურ-ფუნთუშების წარმოებაში;
- პურის ცხობაში გაუხმობი პურის გამოსაცხობათ;
- საკონსერვო მრეწველობის კონფიტურის წარმოებაში;
- ემულგატორი მაიონეზისა და თხევადი მარგარინების წარმოებაში;
- სტაბილიზატორი უალკოჰოლო სასმელების და სხვადასხვა რბილობით კუპაჟირებული წვენების წარმოებაში;
- რძის მრეწველობაში ნაყინის, იოგურტის, ყველის და სხვა პროდუქტების წარმოებაში, მათი წყლის შთანთქმის უნარის გაზრდის მიზნით;
- მზა საკვები ხსნარები გელის, მუსის და კისელის სახით ;
- დიეტური და სამკურნალო- პროფილაქტიკური კვების წარმოებაში.

მედიცინაში და ფარმაციაში:

- პროფილაქტიკური მიზნით მომწამლავ ნივთიერებებთან მუშაობის დროს;
- მკურნალობა მძიმე ლითონებით მოწამლისას;
- სხივური დაავადების სამკურნალოდ;
- საჭმლის მონელების ორგანოების დაავადების დროს;
- დიარეის, პოლიართრიტის, ჰემოფილიის და შაქრის დიაბეტის დაავადებების სამკურნალოდ;
- კუჭის წყლულის, პროსტატიტის სამკურნალოდ და მსხვილი ნაწლავის კიბოს პროფილაქტიკისათვის;
- ფარმაციაში, სამკურნალო პრეპერატების შემადგენელი, მასტრუქტურიზებული დამხმარე ნივთიერება.

ტექნიკური მიზნებისათვის:

- D-გალაქტურონ მჟავას წარმოებაში;
- გეოლოგიაში პექტინური წებოს სახით ბურღვის დროს;
- პოლიგრაფიაში საბეჭდი მასალების დასამუშავებლად;
- ლითონდასამუშავებელ მრეწველობაში ნაწილის გამოსაწრთობად;
- საფეიქრო მრეწველობაში ქსოვილების დასამუშავებლად.

კოსმეტიკაში.

8. პექტინური ექსტრაქტების გაწმენდა და დაკონცენტრირება

პექტინური ნივთიერებების გაწმენდა და დაკონცენტრირება - პექტინის მიღების სტადიებია, რომლებიც საზღვრავენ პროცესის ტექნოლოგიურ და ეკონომიურ მაჩვენებლებს და საბოლოო პროდუქტის სამოხმარებლო თვისებებს.

8.1 ბარომემბრანული მეთოდი - ულტრაფილტრაცია

ულტრაფილტრაცია მიეკუთვნება მემბრანული ტექნიკის სფეროს და წარმოადგენს ბადურ ფილტრაციას მემბრანულ სფეროში. გახსნილი დაბალმოლეკულური ნაერთები (მჟავები, შაქარი, არომატული ნივთიერებები და სხვა), რომლებიც შედიან გაუკამკამებელ წვენში, გადიან მემბრანაში. მაღალმოლეკულური ნაერთები (სახამებელი, პროტეინები,

პექტინი და სხვა) და შეწონილი ნაწილაკები კავდებიან და კონცენტრირდებიან წვენი მემბრანაში გავლის დროს. ულტრაფილტრაციულ მოდულში მუდმივი წნევის მოქმედებით დაუმუშავებელი წვენი მილისებური მემბრანებით იყოფა ორ ნაწილად: პერმიატი და რეტენტატი (ნახ.8).

პერმიატი - ეს გაწმენდილი სითხის ნაკადის ნაწილია, რომელიც გამჭვირვალე წვენი სახით გადის მემბრანაში.

რეტენტატი - ეს სითხის ნაკადის ნაწილია, რომელიც კავდება და არ გადის მემბრანაში.

პერმიატი



ნახ.8 ღრუ ბოჭკოებში მიმდინარე ულტრაფილტრაციული პროცესის სქემა

ღრუ ბოჭკოს აღნაგობა, მასში მიმდინარე ულტრაფილტრაციული პროცესის სქემა და მექანიზმი მოყვანილია შესაბამისად ნახ. 9- 10-ზე.

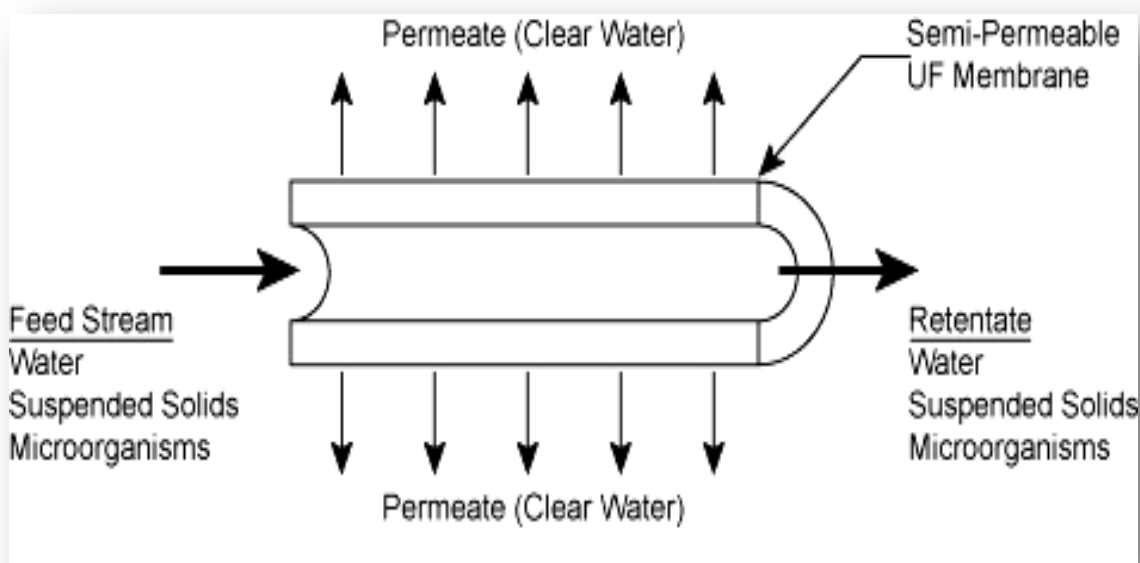
მაღალმოლეკულური ნაერთების ნაწილი გროვდება მემბრანის ზედა ზედაპირზე და მოქმედებს როგორც „მეორადი მემბრანები“, ანუ მათში მიმდინარეობს დამატებითი ფილტრაცია. ეს ფენა სცილდება ყოველი გაწმენდის დროს და ფილტრაციის დასაწყისში კვლავ წარმოიქმნება ახალი ფენის სახით. ფენის სიჩქარე იმყოფება მიკროსფეროში.



ნახ. 9 ღრუ ბოჭკოს აღნაგობა

პერმეატი

ღრუ ბოჭკო



გასაფილტრი წვენი

გაუფილტრავი წვენი

პერმეატი (გაფილტვრული წვენი)

ნახ. 10 ღრუ ბოჭკოებში გაფილტვრის მექანიზმი

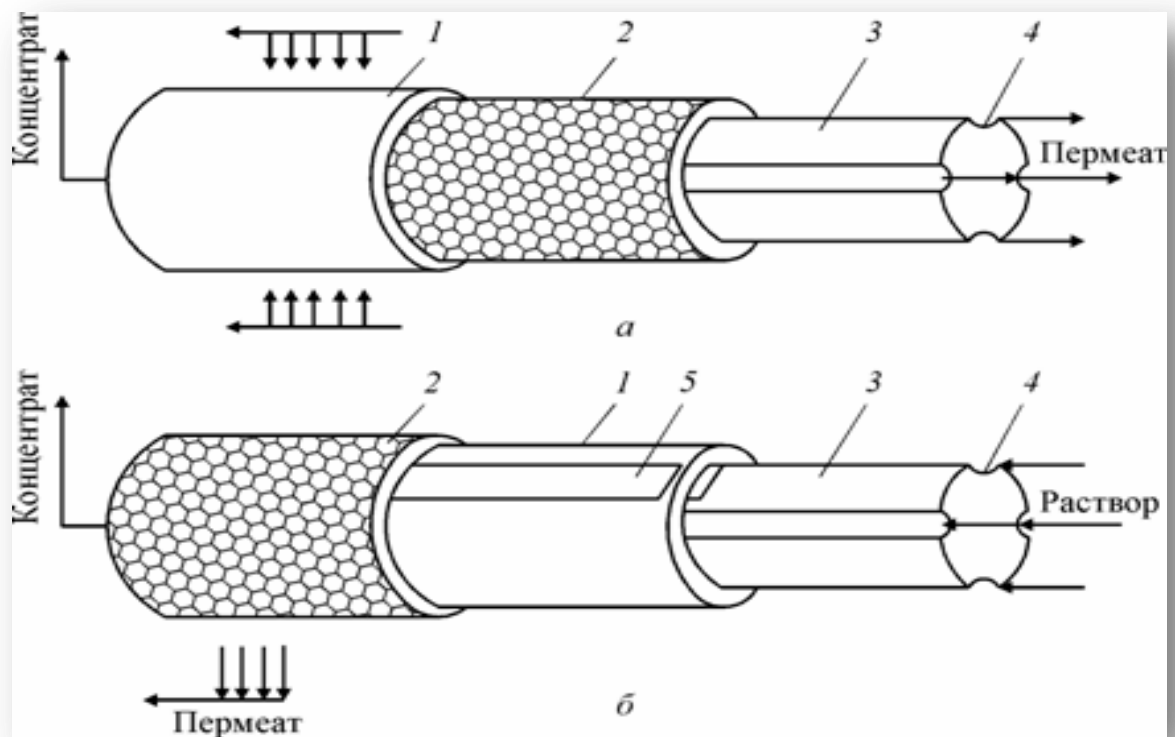
კერამიკული მემბრანების ღრუ ბოჭკოების გამოყენებით ფართოდება პროდუქციის სპექტრი და მათი გამოყენება განსაკუთრებით ხელსაყრელია მუქმეფერილ ნაყოფებიდან

მიღებულ წვეწებისათვის (რბილი რეჟიმი მღებავი ნივთიერებების მაქსიმალურ გამოსავლიანობაზე), და აგრეთვე ოპტიმალური დიაფილტრაციისათვის (შაქრების მოცილება). სისტემებს-გამყოფ აპარატებს კერამიკული მემბრანებით ახასიათებს უფრო მარალი მდგრადობა (ნახ.11-12) ვიდრე ღრუ ბოჭკოებს (ნახ.13), გამფილტრავი ელემენტების ნეიტრალურობა და აგრეთვე გამოყენების ხანგრძლივი - 8 წლამდე ვადა.

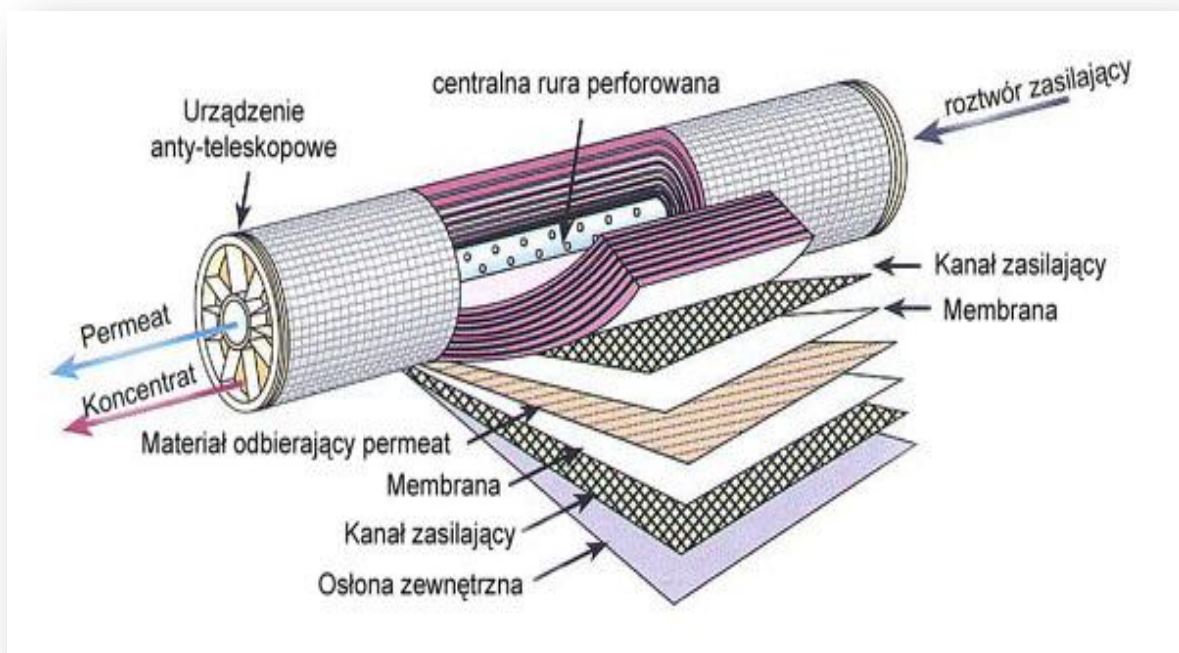


ნახ.11 გამყოფი აპარატი კერამიკული მილიონი მემბრანებით





ნახ.12 კერამიკული მილიანი მემბრანების სტრუქტურა



წვენიის გაფილტვრა წარმატებით მიმდინარეობს ღრუ ბოჭკოებში, რომლებსაც ათავსებენ სხვადასხვა კონსტრუქციის გამყოფ აპარატებში—მოდულში (ნახ.13).



ნახ. 13 გამყოფი აპარატი ღრუ ბოჭკოებით

8.2 ულტრაფილტრაციული დანადგარები

მემბრანული გაყოფის მეთოდები დაფუძნებულია განივი დინების პრინციპზე. ამ პრინციპზე აგებული დანადგარების გამოყენება, სადაც ზუსტად დაცულია გაყოფის და ერთდროული მწარმოებლურობის მაქსიმუმის, სელექტიურობის, პროდუქციის მაღალი ხარისხის და ეკონომიურობის უზრუნველყოფა - დღეს სტანდარტია.

ნახ. 14 –ზე მოყვანილია ულტრაფილტრაციული დანადგარი ღრუ ბოჭკოებით



ნახ. 14 ულტრაფილტრაციული დანადგარები ღრუ ბოჭკოებით.



8.3 პექტინური ექსტრაქტების გაწმენდა და დაკონცენტრირება

პექტინური ნივთიერებების გაწმენდა და დაკონცენტრირება - პექტინის მიღების უმნიშვნელოვანესი სტადიებია, რომლებიც საზღვრავენ პროცესის ტექნოლოგიურ და ეკონომიურ მაჩვენებლებს და საბოლოო პროდუქტის სამოხმარებლო თვისებებს.

ამჟამად, არსებული პექტინური ნივთიერებების ექსტრაქტების დაკონცენტრირების ტრადიციული სქემა ითვალისწინებს ვაკუუმ-აორთქლებას. ამ მეთოდის ნაკლოვანებებია - ენერგიის მნიშვნელოვანი ხარჯი და პექტინური მოლეკულების ტემპერატული დესტრუქცია, რომელიც იწვევს პროდუქტის ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუარესებას. გარდა ამისა, აორთქლების დროს კონცენტრირდება ბალასტური ნივთიერებებიც, რაც არასასურველია პექტინურ წარმოებაში, რადგან საჭიროს ხდის პექტინური კოაგულატის მრავალსტადიან სპირტულ-მჟავურ გაწმენდას.

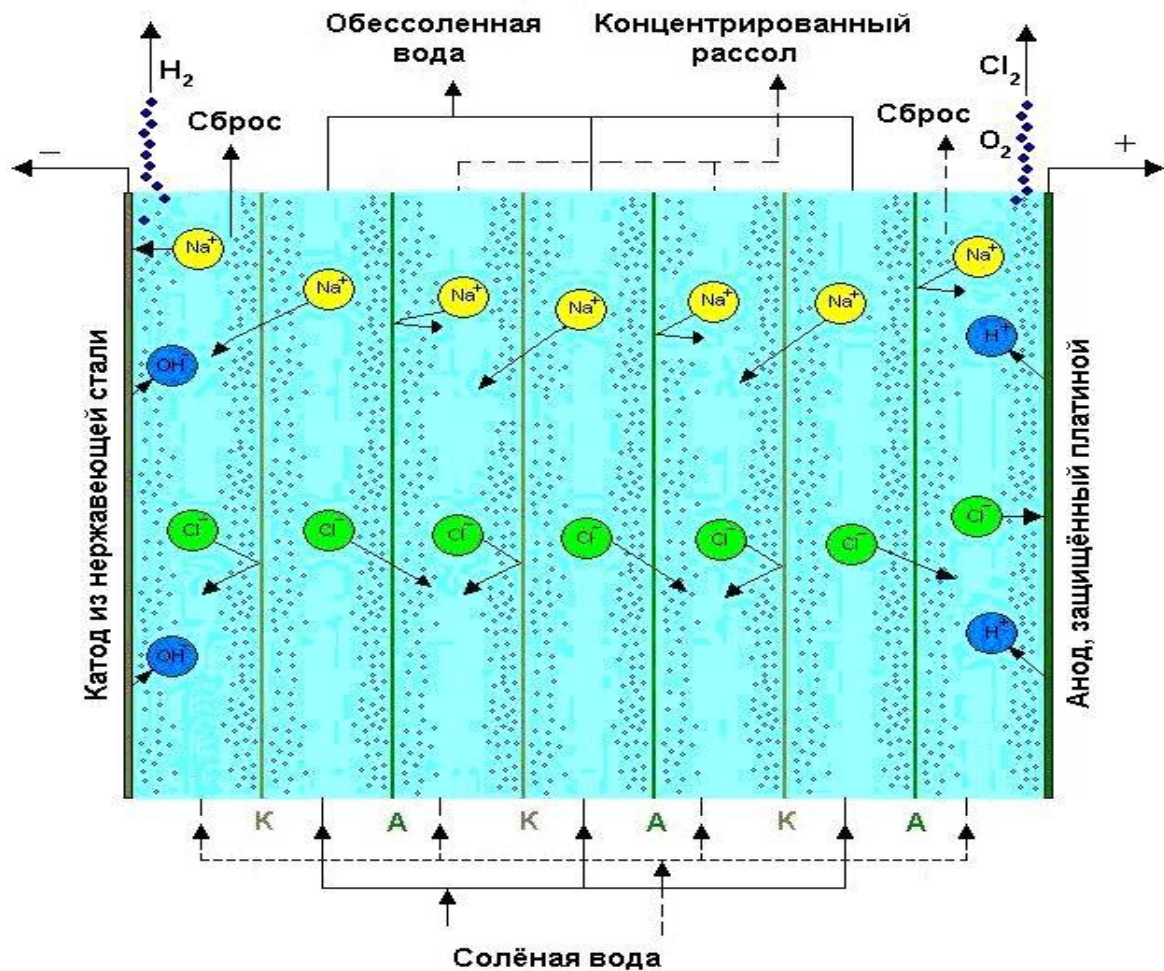
პექტინური კონცენტრატების მიღებას ულტრაფილტრაციის მეთოდით აქვს შემდეგი უპირატესობები:

- ✓ მიმდინარეობს 45°C ფაზური გარდაქმნების გარეშე, რასაც აქვს განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა სითბოსადმი მგრძნობიარე მასალებისათვის, რომელთაც მიეკუთვნება პექტინიც;
- ✓ ულტრაფილტრაციით დაკონცენტრირების დროს ერთდროულად მიდის დაბალმოლეკულური ნივთიერებებისაგან (მინერალური ელემენტები, მარილები, ორგანული მჟავები, მღებავი ნივთიერებები) გაწმენდა, რომლებიც აუარესებენ პროდუქტის - პექტინის სასაქონლო სახეს და მის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს;
- ✓ სპირტით დალეპილი პექტინის კონცენტრაცია ულტრაფილტრაციულ კონცენტრატში მნიშვნელოვნად უფრო მაღალია და ასეთი პროდუქტის მაჟელირებელი თვისებები უფრო უკეთესია, ვიდრე ვაკუუმში აორთქლების დროს;
- ✓ მნიშვნელოვნად მარტივდება აპარატურული აღჭურვილობა და იქმნება პექტინური ექსტრაქტის მემბრანული დამუშავების პროცესის ავტომატიზაციის ფართო შესაძლებლობები.

8.4 ელექტროდიალიზი

ელექტროდიალიზი – მემბრანაში იონების გადატანის პროცესია ელექტროველის მოქმედებით. იონების გადატანის სიჩქარე დამოკიდებულია დენის ძალაზე. ასეთი

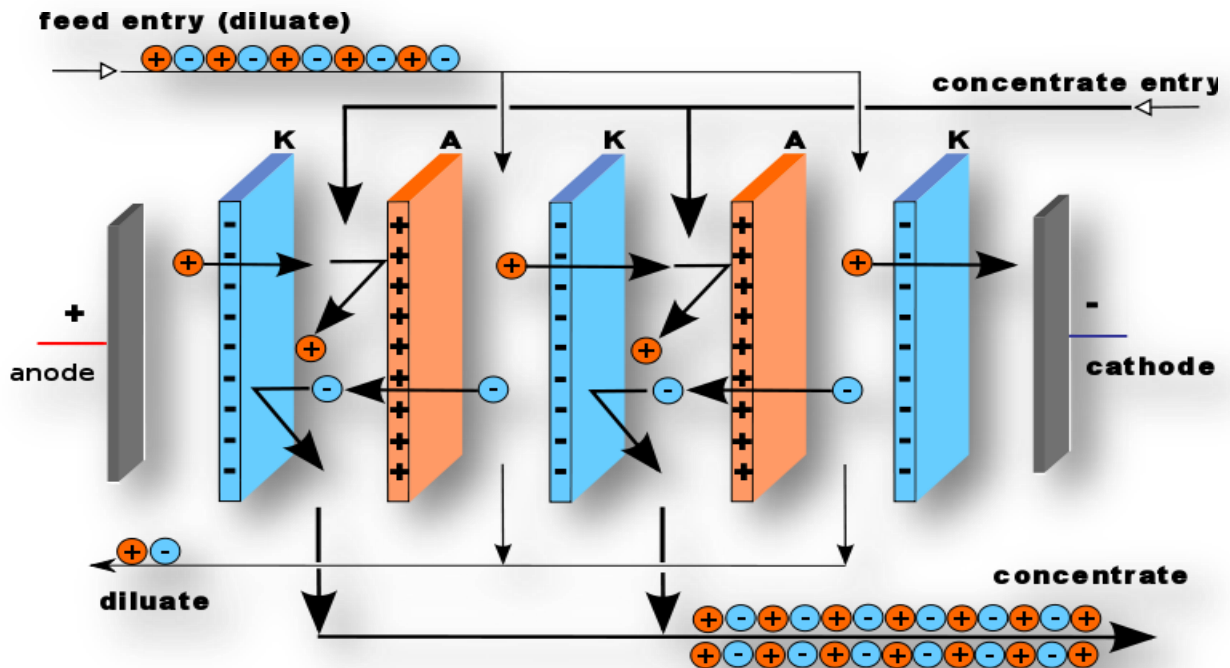
გადაყანა შეიძლება განხორციელდეს კონცენტრაციის გრადიენტის საწინააღმდეგოდ. ელექტროველი იწვევს გარკვეულ სიძნელეებს, დაკავშირებულს ელექტროდებზე მიმდინარე რეაქციებით: ტუტის წარმოქმნა კათოდზე და მჟავას– ანოდზე. ქლორიდების არსებობით ანოდზე წარმოიქმნება აგრეთვე ქლორიც (ნახ.15).



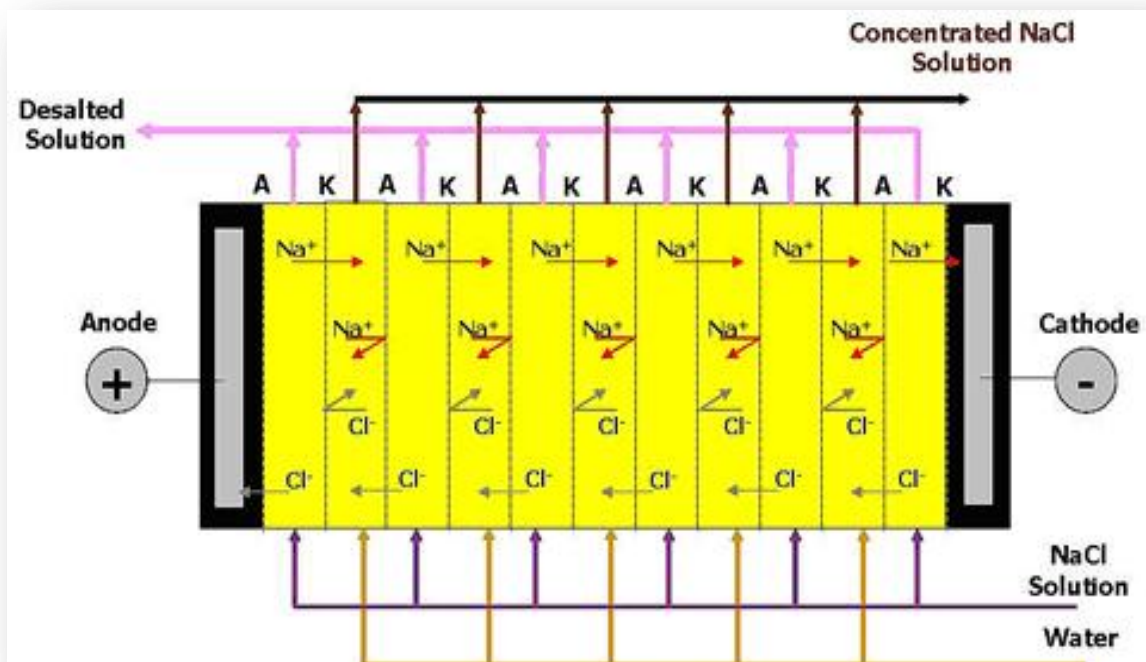
ნახ.15 ელექტროდიალიზის პროცესის ჰიდრავლიკური სქემა.

ამ პრობლემის ასაცილებლად აპარატიდან უნდა მოვაცილოთ ამ ნივთიერებების შემცველი სითხე. ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება ელექტროდული კამერების ხსნარები ისევ დაბრუნდეს პროცესში (pH კონტროლით ან კონტროლის გარეშე). სამკამერიანი ელექტროდიალიზის დროს საშუალო კამერაში მიიღებოდა მჟავე რეაქციის ხსნარი, რამაც შეაფერხა ამ პროცესის საწარმოო გამოყენება. არასელექტიური მემბრანების გამოყენების დროს მიიღება დაბალი გამოსავლიანობა დენით, რომელიც განისაზღვრება გამოყოფილი მარილების გრამ-ექვივალენტების რაოდენობით გატარებული ელექტრობის რაოდენობასთან ფარადეის ერთეულებში.

მრავალკამერიან დიალიზატორში (ნახ.16) იონიტური მემბრანების გამოყენებით, ელექტროდიალიზის პროცესის მთავარი უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ გაუმარილებს ანუ დიალიზატის კამერებიდან გამოყოფილი იონები გადადიან კონცენტრირების კამერებში.



ნახ. 16 ელექტროდიალიზური მრავალკამერიანი დანადგარი: ტექნოლოგიური სქემა



კამერების რაოდენობა შესლუდულია მხოლოდ საინჟინრო მოსაზრებებით : მაქსიმალურად მისაღწევი ძაბვის ვარდნა უჯრედში, აპარატების ზომები, სისტემის სიმტკიცე და მემბრანის ზედაპირზე და ყველა კამერებში სითხის თანაბარ განაწილებასთან დაკავშირებული ჰიდროდინამიური ფაქტორები [42].

ანიონიტურ მემბრანებში ანოდის მიმართულებით მოძრაობენ ანიონები, კათიონური მემბრანების გავლით, კათოდის მიმართულებით კი – კათიონები. მეორე მხრივ, კათიონებს კონცენტრატის ნაკადში კათოდის მხრიდან იკავებს ანიონიტური მემბრანა, ანიონებს კი – საწინააღმდეგო მხრიდან კათიონიტური მემბრანა.

ამის შედეგად, საწყისი ხსნარი იწმინდება მასში გახსნილი ელექტროლიტისაგან კონცენტრატის ორი ნაკადის მეშვეობით და მემბრანაში გასული იონები რჩება კონცენტრატში .

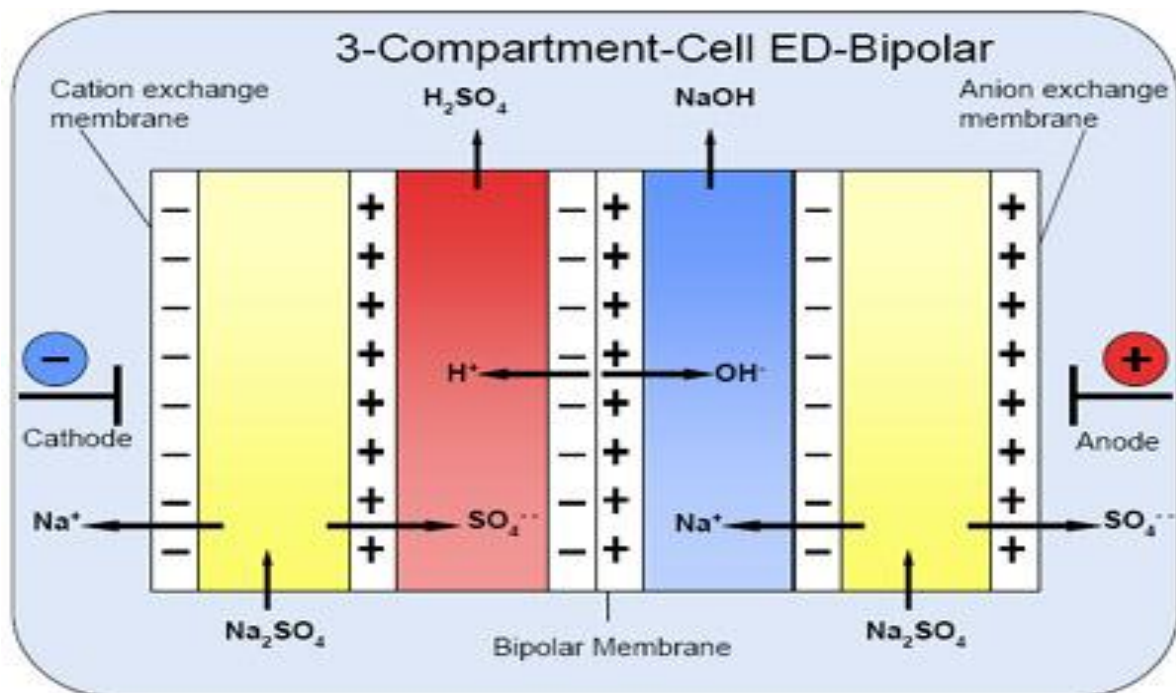


ნახ. 17 ელექტროდიალიზური მრავალკამერიანი დანადგარები.

რევერსიული ელექტროდიალიზი – იგივე პროცესია დროის განსაზღვრულ პერიოდებში მუდმივი დენის პოლარობის შეცვლით. ამ შემთხვევაში გაუმარილებული წყლის და კონცენტრატის ნაკადები იცვლიან ადგილმდებარეობას. ეს უზრუნველყოფს მემბრანების თვითგაწმენდას დამაბინძურებელი ნაწილაკებისაგან და 90-95%-ით ზრდიან მარილების გამოყოფას საწყისი წყლიდან

8.4.1 ელექტროდიალიზი ბიპოლარული მემბრანებით

ელექტროლიზი ბიპოლარული მემბრანებით სქემატურად მოყვანილია ნახ. 18-ზე ელექტროველის მოქმედებით ელექტროლიტის იონები სცილდება მემბრანებს შორის არსებულ სივრცეს როგორც ელექტროდიალიზის გაუმარილების კამერებში.

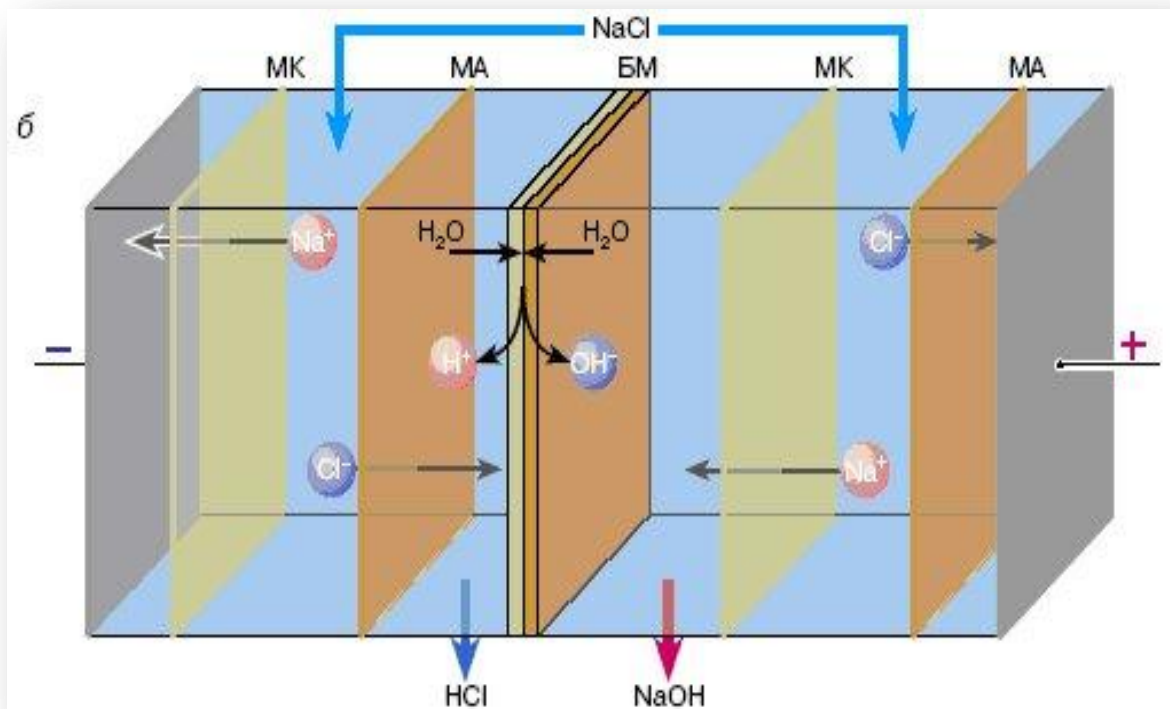


ნახ. 18 ბიპოლარული მემბრანის მუშაობის პრინციპი

როდესაც ყველა მარილი მოცილდება, ელექტროდენის გადამტანად რჩება დეიონიზირებულ წყალში კონცენტრაციით 7-10 მოლ/ლ. მყოფი მხოლოდ უკუ- და ჰიდროქსილ იონები. დეიონიზირებულ წყლის ელექტროგამტარობა ძალიან მცირეა და იონმიმოცვლით მემბრანებს შორის მაღალი წინაღობის

შესამცირებლად აუცილებელია ეს მემბრანები ახლოს განლაგდნენ ერთმანეთთან, რის შედეგად წარმოიქმნება ბიპოლარული მემბრანა.

ელექტროველის მოქმედებით ბიპოლარული მემბრანიდან გამოიდევენებიან პროტონები და ჰიდროქსილიონები. ბიპოლარული მემბრანის შემაერთებელი შრიდან გამოდევნილი პროტონებისა და ჰიდროქსილიონების რაოდენობა აღდგება წყლის წონასწორული დისოციაციით. შემაერთებელი შრიდან გამოდევნილი წყალი შეივსება ხსნარის წყლით, რომელიც დიფუნდირებს იონსელექტიური შრეების მეშვეობით შემაერთებელ შრეში. ამგვარად, წყლის დისოციაცია მიდის ორ ჯერ უფრო ჩქარა, ვიდრე მოსალოდნელია წყლის მარტივი წონასწორული დისოციაციიდან (ნახ. 19) [43].



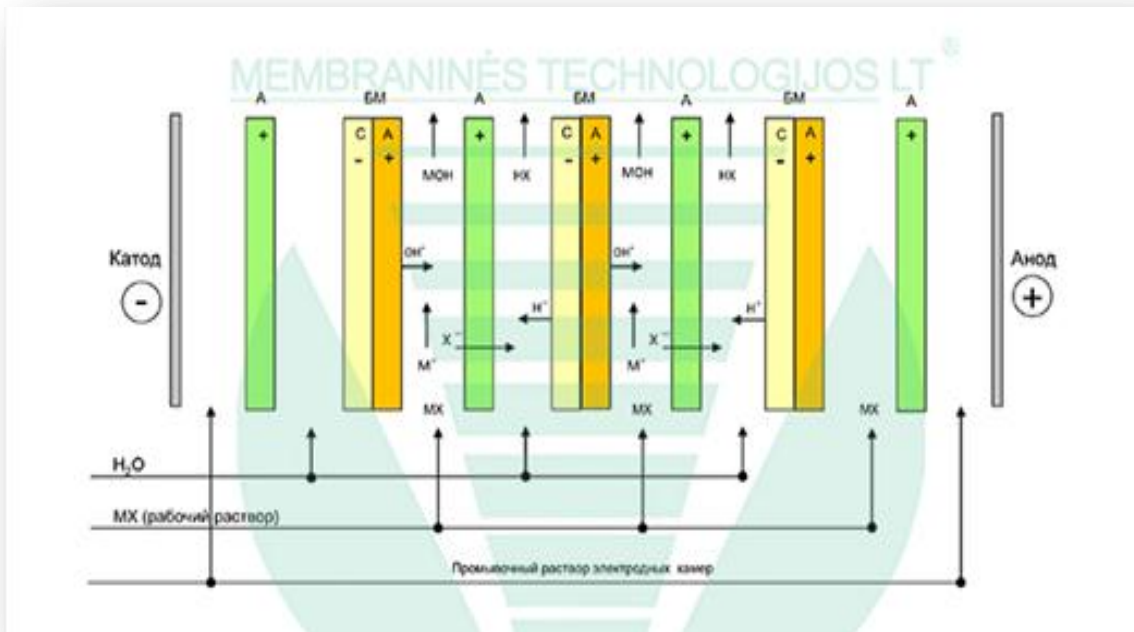
ნახ. 19 ბიპოლარული ელექტროდიალიზის სქემა მარილხსნარებიდან მჟავებისა და

ტუტეების მისაღებად: AM – ანიონმიმოცვლითი მემბრანა;

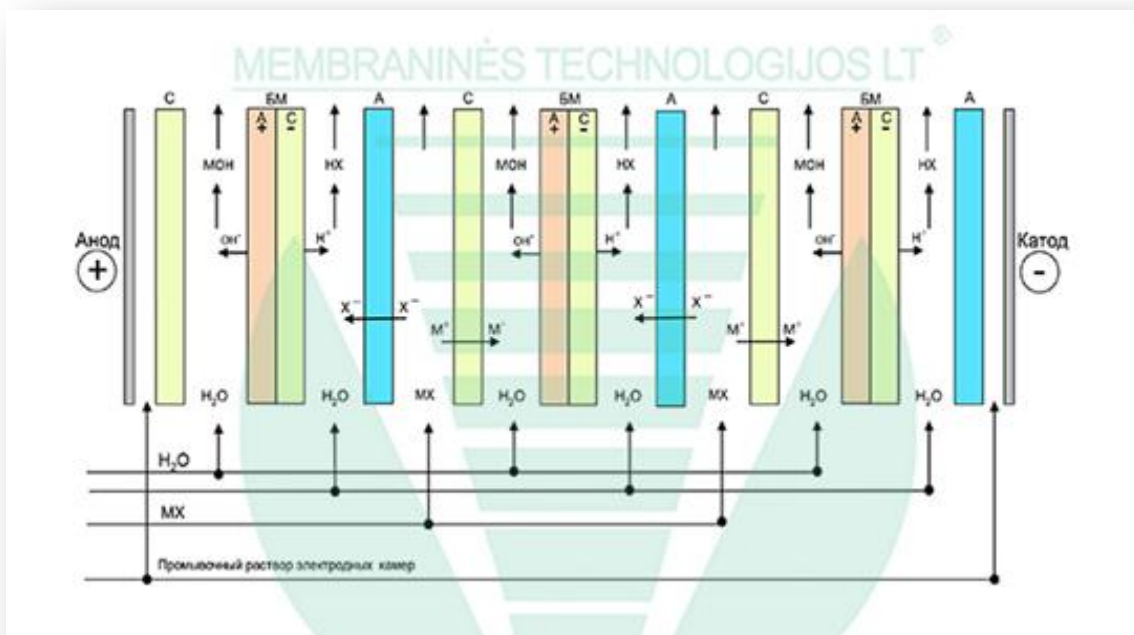
KM – კათიონმიმოცვლითი მემბრანა

ელექტროდიალიზის დროს სასურველი პროცესებია : ანიონების ტრანსპორტი ანიონ-მიმოცვლით, კათიონების – კათიონმიმოცვლით მემბრანებში და ბიპოლარული მემბრანის შემაერთებელ შრეში პროტონებისა და ჰიდროქსილიონების მიღება. პროტონები და

ჰიდროქსილიონები შესაბამისად მოძრაობენ დადებითად დამუხტული ანო-დისა და უარყოფითად დამუხტული კათოდისაკენ. იდეალურ შემთხვევაში ისინი რჩებიან ბიპოლარული მემბრანების მეზობელ კამერებში, და წარმოქმნიან მათში ტუტესა და მჟავას. კონცენტრირებული მჟავა, ტუტე და განზავებული მარილიანი ხსნარი გროვდება და გამოიყვანება მოდულიდან (ნახ.20).



ნახ.20 ორ და სამნაკადიანი ელექტროდიალიზი ბიპოლარული მემბრანებით.



ამრიგად, ბიპოლარული მემბრანა კათიონმიმოცვლითი მემბრანის მხრიდან იქნება კონტაქტში კონცენტრირებულ მჟავასთან, ანიონმიმოცვლითი მემბრანის მხრიდან – კონცენტრირებულ ტუტესთან. თავისი ბუნებით მემბრანები შეიცავენ კოიონებს, რომლებიც იწვევენ მემბრანის მსგავსი მუხტის იონების არასასურველ ნაკადებს. ეს გარემოება აქვეითებს პროცესის ეფექტურობას და იწვევს პროდუქტის დაბინძურებას, რაც ზღუდავს ბიპოლარული მემბრანებით ელექტროდიალიზის გამოყენებას [44].

პერსპექტიულია ამ მეთოდის გამოყენება ტექნოლოგიურ სქემებში, სადაც იქმნება საჭიროება წარმოებებში ჩატარდეს თანმიმდევრული გარდაქმნები და ღირებული ნივთიერებების ან წყლის ცირკულაცია დანაკარგების გარეშე. ამ შემთხვევაში ეფექტი მიიღწევა მინარევების სახით შესაბამისი მარილების შემცველი მჟავებისა და ტუტეების მიღებით და შემდგომი გამოყენებით ან პროცესში ცირკულირებადი ხსნარის pH-ის გადაადგილებით. ასეთი მიდგომით ეს მეთოდი შეიძლება გამოიყენოს ამინომჟავების და მათი მარილების მისაღებად, ამინომჟავების სინთეზისა და მათი მარილებიდან გამოყოფისათვის, აირადი ნარევების გაწმენდა – დაკონცენტრირებისათვის (აირების სანიტარული გაწმენდა), მარილების ხსნარებიდან ნაკლებ ხსნადი მჟავებისა და ტუტეების (ფუძეების) მისაღებად [45].

8.4.2. ელექტროდიალიზური აპარატების კონსტრუქციები და ტექნოლოგიური სქემები.

იონმიმოცვლითი მემბრანები, რომლებიც ატარებენ მხოლოდ გარკვეული სახის იონებს ელექტროდიალიზურ პროცესებში გამოიყენებიან ამ იონების მოძრაობის რეგულირებისათვის. ელექტროდიალიზის დროს მუდმივი ელექტრული ველი იმგვარად მოქმედებს მარილის წყალხსნარში დისოცირებულ კომპონენტებზე, რომ კათოდისაკენ მოძრავი კათიონები გადიან კათიონიტურ მემბრანაში და კავდებათ ანიონიტური მემბრანის მიერ, ხოლო ანოდისაკენ მოძრავი ანიონები გაივლიან რა ანიონიტურ მემბრანას, კავდებათ კათიონიტური მემბრანით.

ელექტროდიალიზურ აპარატში კათიონიტური და ანიონიტური მემბრანების მონაცვლეობით განლაგების შემთხვევაში ადგილი აქვს იონების დაყოფას საწყის ხსნარში. შედეგად, წარმოიქმნება გაუმარილებელი ნაკადი (დიალიზატი) დიალიზატის კამერებში და კონცენტრირებული ნაკადი (კონცენტრატი) -კონცენტრირების კამერებში. ელექტროდიალიზური პროცესის ჩატარების მიზანი შეიძლება იყოს პროცესის დროს

მიღებული ერთ-ერთი პროდუქტის (დიალიზატის ან კონცენტრატის), ან ორივე პროდუქტის მიღება, მაგალითად: როცა დიალიზატი უნდა შეესაბამებოდეს გადაღვრის (მდინარეებში, ზღვებში) ან წარმოებაში დაბრუნების მოთხოვნებს, ხოლო კონცენტრატს უნდა გააჩნდეს მაქსიმალურად სასარგებლო პარამეტრები შემდგომი გადამუშავებისათვის.

ელექტროდიალიზური აპარატი (ნახ.21) შედგება დამჭერი პლიტების, ორი ელექტროდისა და მათ შორის მოთავსებული მემბრანული პაკეტისაგან, რომელიც აწყობილია მონაცვლეობით განლაგებული კათიონ- და ანიონმიმოცვლითი მემბრანებით, სითხის გამანაწილებელი ჩარჩოებით და ბადე -ტურბულიზატორებით.

მუშა კამერების ჩართვის - *ჰიდრავლიკური სქემის მიხედვით ელექტროდიალიზური აპარატები იყოფა ორ ძირითად ტიპად [46-48]:*

- *პარალელური ჩართვა - დიალიზატისა და კონცენტრირების კამერებში გამავალი ხსნარის ნაკადების მიმართ;*
- *კამერების მიმდევრობითი ჩართვა.*

პარალელური ჩართვის შემთხვევაში, პაკეტების რიცხვის პროპორციულად იზრდება აპარატის მიერ ხსნარის გამტარუნარიანობა, ხოლო თანმიმდევრული ჩართვის შემთხვევაში - დემინერალიზაციის ხარისხი. ცნობილია აგრეთვე პაკეტების ჩართვის ამ ორი ხერხის კომბინაცია — პარალელურ-თანმიმდევრობითი ჩართვა, რომლის დროსაც მემბრანის ორივე მხარეს კონცენტრაციის სხვაობის შემცირების მიზნით, დიალიზატის ნაკადი თანმიმდევრობით გაივლის დიალიზატის კამერებში, ხოლო კონცენტრირების კამერები კი ჰიდრავლიკურად შეერთებულია პარალელურად [47].

ნახ.57 –ზე მოყვანილია ელექტროდიალიზური დანადგარის ჰიდრავლიკური სქემა. აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა ჰიდრავლიკური სქემებით მომუშავე აპარატების მუშაობის სისტემატიური ანალიზი არ არსებობს. ელექტროდიალიზური აპარატის ყოველი ტიპი გამოყენებული უნდა იყოს გარკვეულ ექსპლუატაციურ პირობებში, რომლის განსაზღვრისათვის უნდა განხორციელდეს აპარატების ტიპების შედარე-ბითი შეფასება როგორც ენერგეტიკული, ასევე კონკრეტულ პირობებში გამოყენების თვალსაზრისით. როდესაც აუცილებელია ელექტროდიალიზური პროდუქტის მიღება უწყვეტი ნაკადის სახით, გამოიყენება აპარატები პირდაპირი დინების სქემით. ამ შემთხვევაში პროცესი ხორციელდება სტაციონალურ რეჟიმში რამდენიმე თანმიმდევრობით შეერთებულ ელექტროდიალიზურ დანადგარში. დანადგარის საფეხურების რაოდენობის ცვლილებით შესაძლებელია გაუმართაობის ხარისხის ცვლილება.

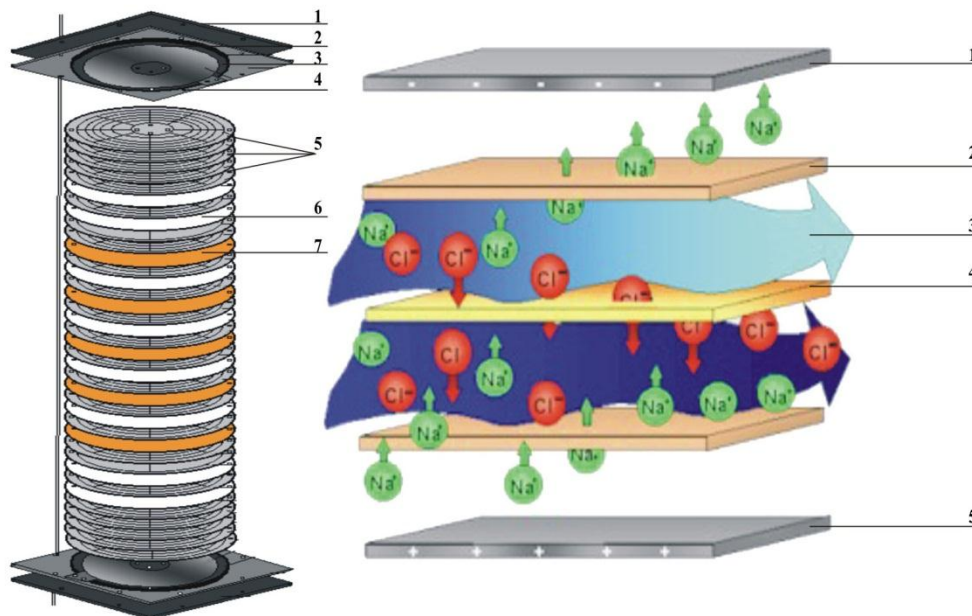


Fig.1-2a Principal scheme and picture diagram of electrodialyser
 1.metal plate; 2.rubber; 3.plate;
 4.electrode; 5.frame; 6.membrane MK-40;
 7.membrane MA-40.

ნახ.21 ელექტროდიალიზური დანადგარის პრინციპული სქემა

ასეთი სქემის უარყოფით მხარეს წარმოადგენს: საფეხურების დიდი რაოდენობა (ელექტროდების წყვილების); რომელიმე ერთ საფეხურზე რაიმე ცვლილების შემთხვევაში მთელი დანადგარის მუშაობის რეჟიმის შეცვლა, დანადგარის ხელახალი გამართვა წარმადობის ან საწყისი ხსნარის ტემპერატურისა და მარილშემცვე-ლობის ცვლილების შემთხვევაში [46,47].

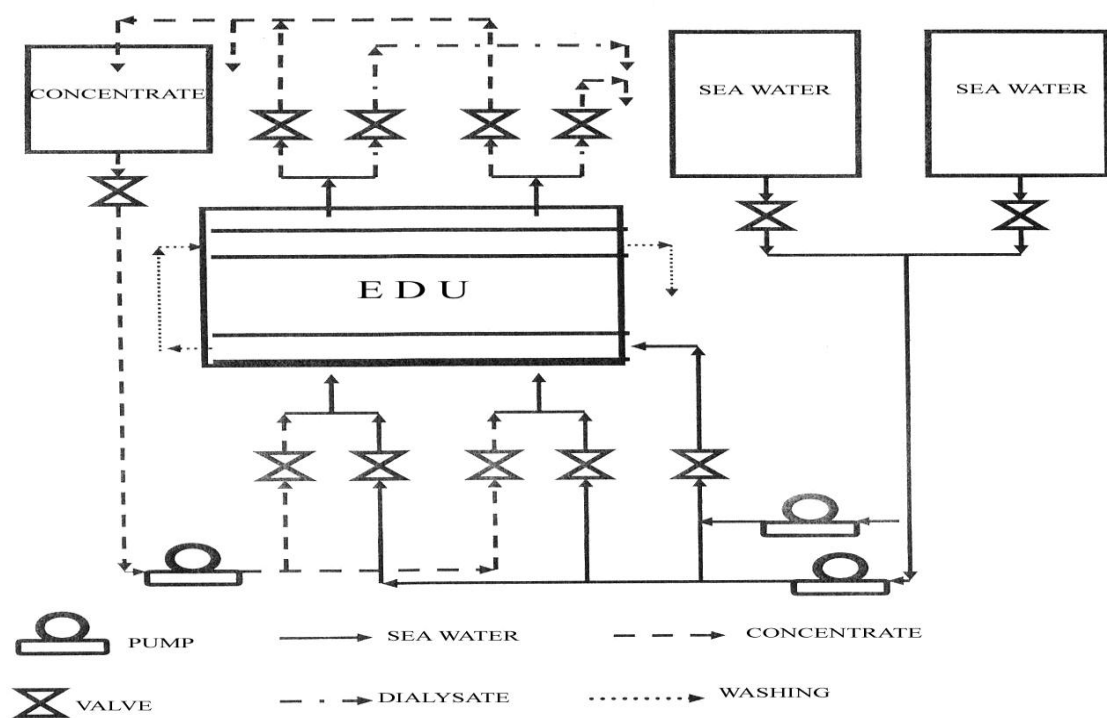
ერთსაფეხურიანი პირდაპირი დინების აპარატში საწყისი ხსნარის გაუმარილება წარმოებს წინასწარ განსაზღვრულ ნარჩენ მარილშემცველობამდე, ხოლო მარილმოცილების პროცესის რეგულირება ხორციელდება ელექტრული დენის სიდიდით. ასეთი სქემის აპარატების უპირატესობაა: გაუმარილების მაღალი ხარისხი, მუდმივი მწარმოებლურობა, ექსპლუატაციის სიმარტივე, პროცესის უწყვეტობის შესაძლებლობა, დანადგარი არ საჭიროებს ავზებსა და ცირკულაციურ ტუმბოებს.

მცირე მწარმოებლურობის შემთხვევაში იყენებენ ცირკულაციური - პორ-ციული ტიპის სქემებს. მათი უპირატესობაა: გაუმარილების მაღალი ხარისხი; მუ-შაობის

მუდმივობა ცვლადი საწყისი პარამეტრების - ტემპერატურისა და კონცენტრაციის დროს. უარყოფითი მხარეა: მზა პროდუქტის მიწოდების პერიოდულობა, ავზებისა და ცირკულაციური ტუმბოების არსებობა, მწარმოებლურობის დამოკიდებულება საწყისი ხსნარის ტემპერატურასა და მარილშემცველობაზე .

აპარატების ტიპისაგან დამოუკიდებლად, მისმა კონსტრუქციამ უნდა უზრუნველყოს : პაკეტის ჰერმეტიულობა, მემბრანის ზედაპირის მაქსიმალური გამოყენება, მთელ კამერაში ხსნარის თანაბარი გადინება, ჰიდრავლიკური და წნევის მინიმალური დანაკარგებით უნდა გამოირიცხოს მუშა ხსნარების შერევა და ნალექების წარმოქმნა, როგორც მემბრანების ზედაპირზე ისე ელექტროდულ კამერებში. ნახ.23-ზე მოცემულია ელექტროდიალიზურ დანადგარში ბიპოლარული მემბრანით მჟავასა და ტუტის მიღების სქემები.

ბიპოლარული ელექტროდიალიზით მაღალხარისხოვანი კონცენტრირებული მჟავასა და ტუტის ხსნარების მიღება, როგორც საბოლოო კომერციული პროდუქტისა - შედარებით ძვირი წარმოებაა.

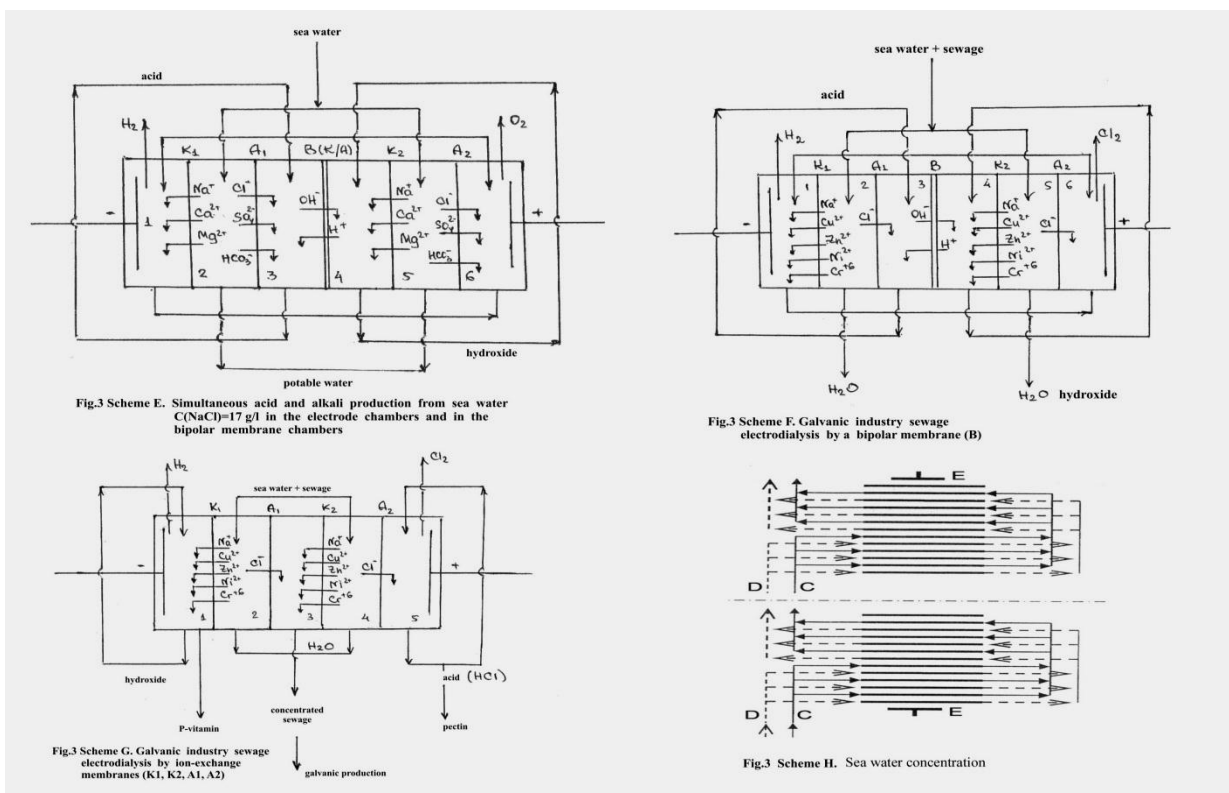


ნახ.22 ელექტროდიალიზური დანადგარის ჰიდრავლიკური სქემა.

მოითხოვს მაღალხარისხოვან, მაგრამ ძვირ, იაპონური ან ამერიკული წარმოების ბიპოლარული მემბრანების გამოყენებას, ან დიდ ენერგო-ხარჯებს უფრო იაფი

რუსული მემბრანების გამოყენების შემთხვევაში. გაცილებით პერსპექტიულია ბიპოლარული ელექტროდიალიზის გამოყენება ისეთ ტექნოლოგიურ სქემებში, სადაც მისი გამოყენება საშუალებას იძლევა დანაკარგების გარეშე განხორციელდეს წყლის ან ღირებული პროდუქტების რიგი თანმიმდევრული გარდაქმნები და ცირკულაცია.

ამ შემთხვევაში ეფექტი მიიღწევა მჟავისა და ტუტის მიღების და შემდგომი გამოყენების, ან პროცესში ცირკულირებული ხსნარის pH-ის გადანაცვლების ხარჯზე. ბიპოლარული ელექტროდიალიზისადმი ასეთი მიდგომა შესაძლებელს გახდის იგი გამოყენებული იყოს ამინომჟავების მისაღებად მათი მარილებიდან, ამინომჟავების სინთეზისათვის, მცირედხსნადი მჟავებისა და ფუძეების მისაღებად მათი მარილთა სნარებიდან და სხვა. ბიპოლარული მემბრანების მიერ H^+ და OH^- იონების გენერირების უნარის გამოყენების პერსპექტიულ სფეროს წარმოადგენს ბიპოლარული ელექტროდიალიზის გამოყენება ე.წ. ტექნოლოგიური ხსნარების pH-ის რეგულირებისათვის.



ნახ. 23 ელექტროდიალიზურ დანადგარში ბიპოლარული მემბრანით მჟავასა და ტუტის მიღების სქემები

9. ექსპერიმენტალური მონაცემები და მათი განხილვა

9.1 კვლევის ობიექტები

კვლევა წარმოებდა ხილისა (ციტრუსოვანთა : ლიმონი, ფორთოხალი მანდარინი) და ბოსტნეულის : სტაფილო, კომბოსტო, ჭარხალი ნაყოფებზე და წვენი გამოწურვის ანარჩენებზე (ნახ. 24).

ისაზღვრებოდა პექტინის იზოლატების მიღების პარამეტრები : ჰიდრომო-დული (შეფარდება $H_2O : HCl$), ექსტრაგირების ხანგრძლივობა (2,4,8,12,24 და 48 სთ.), დაკონცენტრირების ოპტიმალური პირობები : წნევა, მწარმოებლურობა (W) და პროცესის ხანგრძლივობა, ხდებოდა პექტინის სრული გამოყოფისათვის საჭირო რეა-გენტის (C_2H_5OH , $CaCl_2$) და ტექნოლოგიური სქემის შერჩევა.

პექტინის იზოლატების დაკონცენტრირება ტარდებოდა დინამიურ რეჟიმებში УПЛ-06 დანადგარებზე (ნახ. 25) შემზრანებზე:

- ულტრაფილტრაციული გამყოფი აპარატი AP-2.0 - წარმოადგენს კვლევი-სათვის მზა მოდულს, რომელიც დანადგარში განლაგდება ვერტიკალურად, ფილტრაციის ფართობით- $2m^2$; გამფილტრავი მასალის სახით გამოიყენება პოლიამიდურ ფუძეზე ფენილონ C 2-B-დან დამზადებული ღრუ ბოჭკოები BИY-15ИA ;

9.2 კვლევის მეთოდები

9.2.1 პექტინური იზოლატების მიღება, დაკონცენტრირება და პექტინის გამოყოფა

პექტინის მიღების დამუშავებული ტექნოლოგიური სქემა მოყვანილია ნახ.24-ზე. სქემის შედგენა დამოკიდებულია ხილ-ბოსტნეული ნედლეულის ანარჩენების სახეობაზე. პექტინისა გამოსაყოფად ნაყოფებიდან გამოიწურებოდა წვენი, ანარჩენი გამდინარე წყლით კარგად ირეცხებოდა, ჭუცმაცდებოდა და დაწურვის შემდეგ ხდებოდა პექტინის ექსტრაგირება წყლისა და მარილმჟავას ნარევით (ნაყოფი : ნარევი = 1 : 5). ექსტრაგირება ტარდებოდა 2,4,8,12,24 და 48 საათის განმავლობაში, შემდეგ პექტინის გამოყოფამდე ხდებოდა მიღებული პექტინის იზოლატის დაკონცენტრირება ულტრაფილტრაციით ღრუბოჭკოვან გამყოფ აპარატზე AP-0.2. დარჩენილი ანარჩენები ისევ მუშავდებოდა წყლისა და მარილმჟავას ნარევით, მიიღებოდა იზოლატი, კონცენტრირდებოდა ულტრაფილტრაციით და ა. შ. ეს ოპერაცია ტარდებოდა 3-4 ჯერ პექტინის სრულ გამოყოფამდე. კონცენტრატს შეფარდებით 1:2 ემატებოდა ეთილის სპირტი C_2H_5OH და ხსნადი პექტინი გადაიყვანებოდა

უხსნად ფორმაში, წარმოიქმნება კოაგუ-ლატი და გამოიყოფოდა პექტინი. გამოყოფილ, სპირტითა და წყლით გარეცხილ პექტინს ვაშრობდით საშრობ კარადაში 105°C-ზე.

9.2.2 სორბენტის - პექტატ- Na^+ - მიღება

სორბენტის - პექტატ- Na^+ - მიიღებოდა ორი გზით:

- გამოიყოფოდა პექტინი და შემდეგ მშრალი NaOH-ის დამატებით ის გადა-იყვანებოდა Na^+ - ფორმაში;
- სორბენტი მიიღებოდა ხსნად Na^+ -ფორმაში, პექტინის გამოყოფის გარეშე, თუ კი მოითხოვდა სამუშაო (მეტალოკომპლექსების მიღება ხსნად მდგომარეობაში), მის გამოყოფას მეტალოკომპლექსის სახით ვაწარმოებდით ეთანოლით და მეტალოკომპლექსი მიიღებოდა მშრალი პექტატ- Na^+ -მარილის სახით.

9.2.3 ულტრაფილტრაციული პროცესის მწარმოებლურობის განსაზღვრა

მწარმოებლურობა ისაზღვრებოდა ერთ საათში მიღებული გაკამკამებული წვენი მოცუ-ლობით მემბრანის 1 მ² ფართობიდან და გამოითვლებოდა შემდეგი ფორმულით:

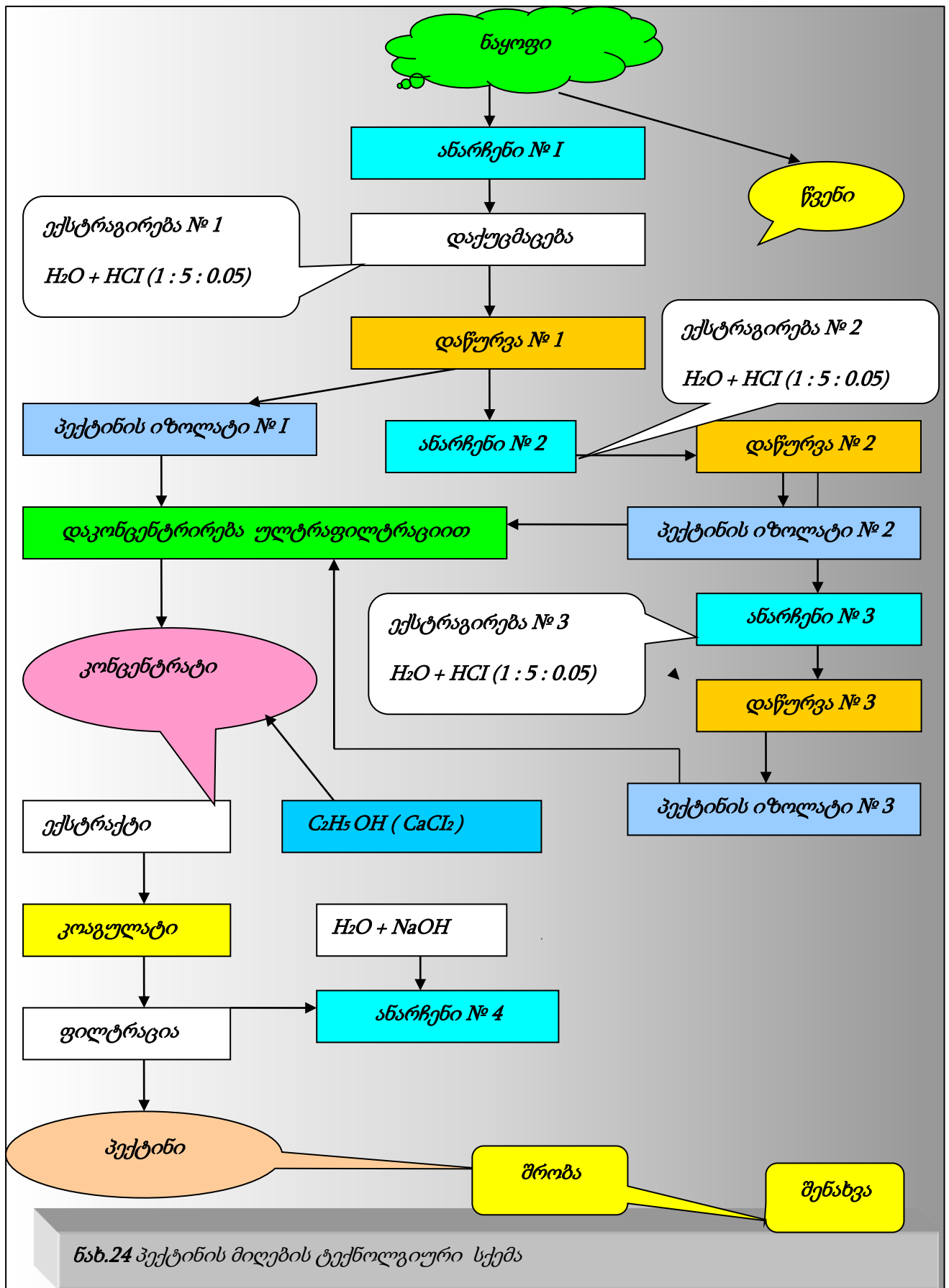
$$W = \frac{2V}{S \times \tau} \quad (1)$$

სადაც :

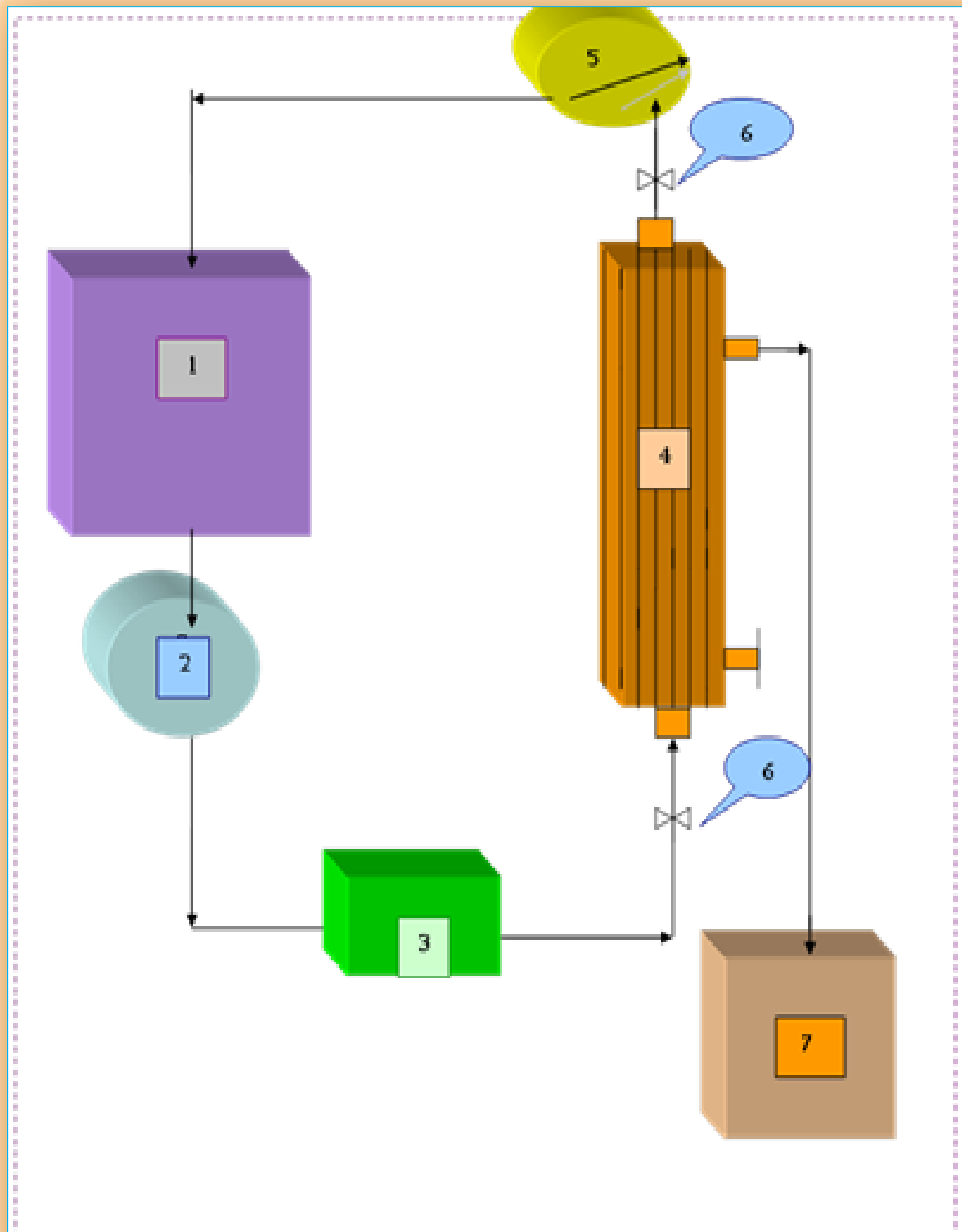
- V - გაკამკამებული წვენი მოცულობა, მლ;
- S - მემბრანის ფართობი, მ² ;
- τ - ფილტრაციის ხანგრძლიობა, სთ.

9.2.4 ხსნადი მშრალი ნივთიერებების განსაზღვრა

ტარდებოდა სტანდარტული – რეფრაქტომეტრიული მეთოდით.



ნახ.24 პექტინის მიღების ტექნოლოგიური სქემა



ნახ. 25 ულტრაფილტრაციული პროცესის ტექნოლოგიური სქემა:

გამფილტრავი მასალის სახით გამოიყენებოდა პოლიამიდურ ფუბეზე ფენილონ C 2-B-დან დამზადებული ღრუ ბოჭკოები *ВПУ-15ПА*

9.2.5 პექტინური ნივთიერებების განსაზღვრა.

პექტინური ნივთიერებების რთული ქიმიური შედგენილობა და მისი ცვალებადობა, განსხვავებული ჯგუფების და დიდი მოლური მასის არსებობა ქმნის განსაზღვრულ სიმძნელებს პექტინური ნივთიერებების ანალიზის მეთოდის ამორჩევაში.

ნედლეულში და კონსერვირებულ პროდუქტებში ყველაზე ხშირად იყენებენ წონით, კალციუმ-პექტატურ მეთოდს, რომელიც დაფუძნებულია პექტინური ნივთიერებების ჰიდროლიზზე პოლიგალაქტრონ (პექტინურ) მჟავას მიღებამდე და მის დალექვაზე კალციუმის მარილის სახით. მიღებულ პექტინს ვაშრობდით, მიიღე-ბოდა ბოჭკოვანი სტრუქტურის პექტინი [42].

პექტინის (X_n) შემცველობა (%) გამოითვლებოდა კალციუმ-პექტატური მასი-დან შემდეგი ფორმულით:

$$X_n = 0,9235 \times 100 m_0 V_1 / (m V_2) \quad (2)$$

სადაც :

- ✓ m_0 – კალციუმ-პექტატის მასა, გრ.;
- ✓ V_1 – ჰიდროლიზატის სრული მოცულობა, სმ³;
- ✓ V_2 – ჰიდროლიზატის მოცულობა, აღებული მეტოქსილირებული ჯგუფების დასაპნებისათვის, სმ³;
- ✓ m – სინჯის მასა, გრ.;
- ✓ 0.9235 – პექტატზე კალციუმის გადათვლის კოეფიციენტი.

პროტოპექტინის ჰიდროლიზს ვატარებდით HCl-ის განზავებული ხსნარით. უხსნადი კალციუმის და მაგნიუმის მარილები გადაიყვანებოდა ხსნარში ამონიუმის ან ნატრიუმის ციტრატით.

9. 3. ექსპერიმენტალური მონაცემები და მათი განხილვა

პირველ ეტაპზე, წველების წარმოების ნარჩენებიდან, პექტინის გამოყოფისათვის საჭირო მარილმჟავა და მის საფუძველზე სორბენტის მისაღებად საჭირო ტუტე, ერთდროულად მიიღებოდა ზღვის წყლიდან ელექტროდიალიზური მეთოდით .

ამ მიზნის მისაღწევად სამუშაო ჩატარდა რამოდენიმე ეტაპად, კერძოდ:

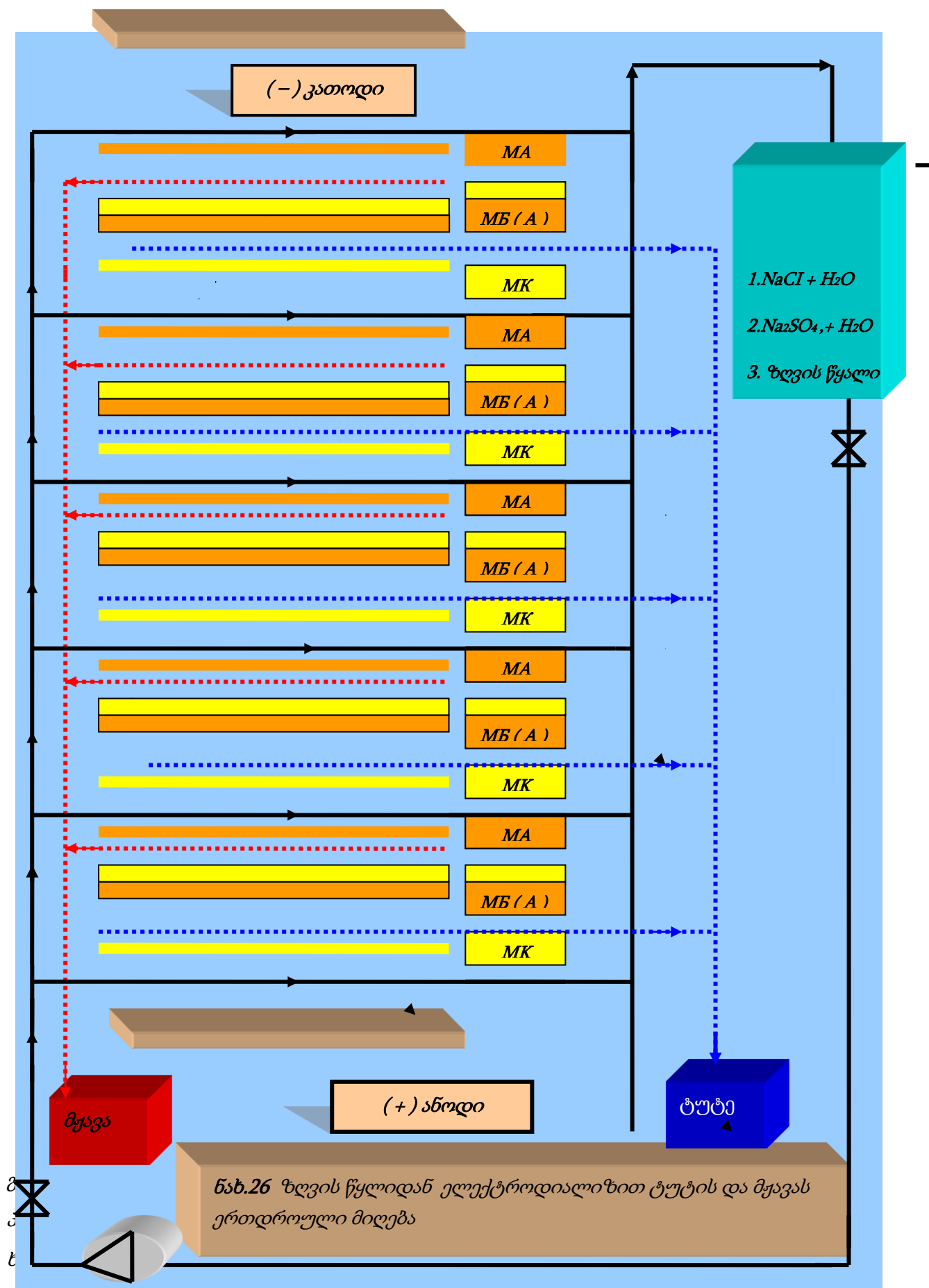
- ელექტროდიალიზური ლაბორატორიული აპარატის, იონმიმოცვლითი მემბრანების და საზომი საშუალებების შერჩევა, აპარატის აწყობა და გაშვება;
- დანადგარის ოპტიმალური სქემის შერჩევა და გამოცდა: ძაბვის, დენის სიმკვრივის და აპარატის წარმადობის განსაზღვრა;
- ელექტროდიალიზურ აპარატში ერთდროულად მჟავასა და ტუტის მიღების ოპტიმალური რეჟიმის დადგენა;
- მჟავასა და ტუტის მიღება სხვადასხვა ტექნოლოგიური სქემებისა და მემბრანების (იონმიმოცვლითი და ბიპოლარული) გამოყენებით;
- მჟავასა და ტუტის მიღების კანონზომიერებების დადგენა: კონცენტრაციისა და pH-ის დამოკიდებულება დენის ძალასა და სიმკვრივეზე, წყლის დინების სიჩქარეზე, მარილშემცველობაზე, ცირკულაციის დროსა და წარმადობაზე;
- მჟავასა და ტუტის მიღების პროცესის ოპტიმალური სქემისა და პარამეტრების დადგენა.

კვლევა წარმოებდა ზღვის წყალზე ($C(NaCl) = 15g/l$), ლაბორატორიულ ელექტროდიალიზურ დანადგარზე იონმიმოცვლით ერთფენოვან ($MK-40$, $MA-40$) და ორფენოვან (ბიპოლარულ) – $MB-2$ მემბრანებზე, მუდმივი ძაბვის პირობებში. ნახ. 27-ზე მოყვანილია ელექტროდიალიზით მჟავასა და ტუტის ერთდროულად მიღების ჰიდრავლიკური სქემა. ბიპოლარული მემბრანები განლაგებულია ისე, რომ ბიპოლარული მემბრანის კათიონიტური მხარე მიმართულია კათოდისაკენ, ანიონიტური – ანოდისაკენ. მჟავასა და ტუტის ცალ-ცალკე მიღების დროს შესაბამისად გამოიყენებოდა, $MA-40$ და $MB-2$, $MK-40$ და $MB-2$, ხოლო ერთდროულად მიღების დროს – $MK-40$, $MA-40$ და $MB-2$ მემბრანები.

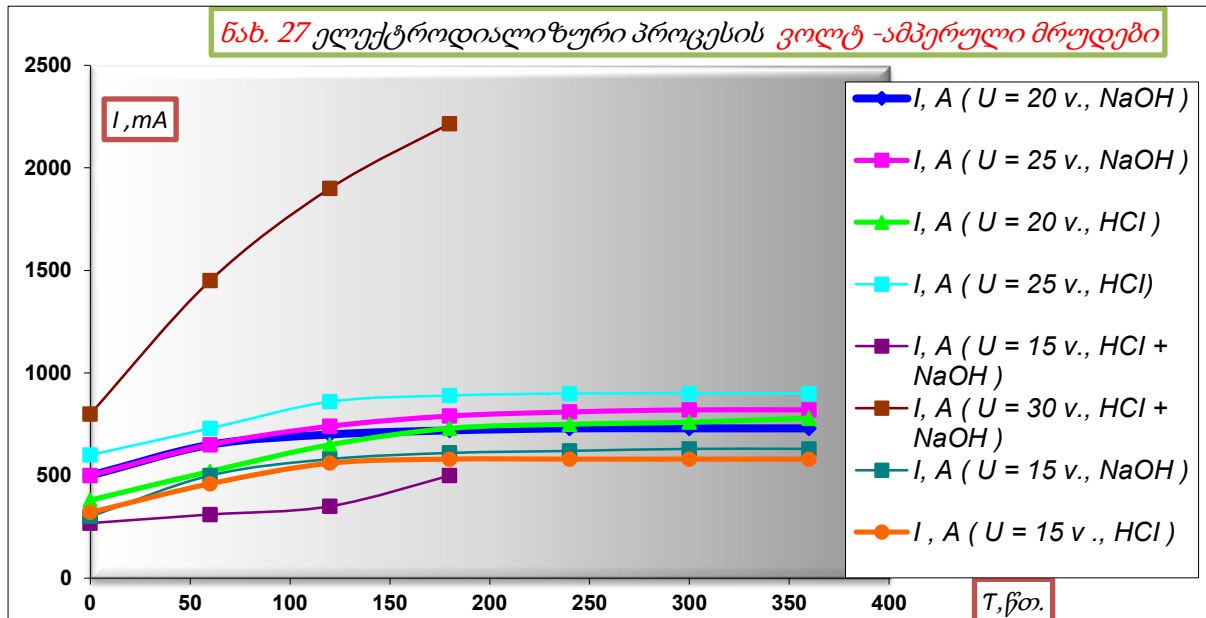
პროცესის ჩატარების პირობები მოყვანილია ცხრ.6-ში.

დადგენილია:

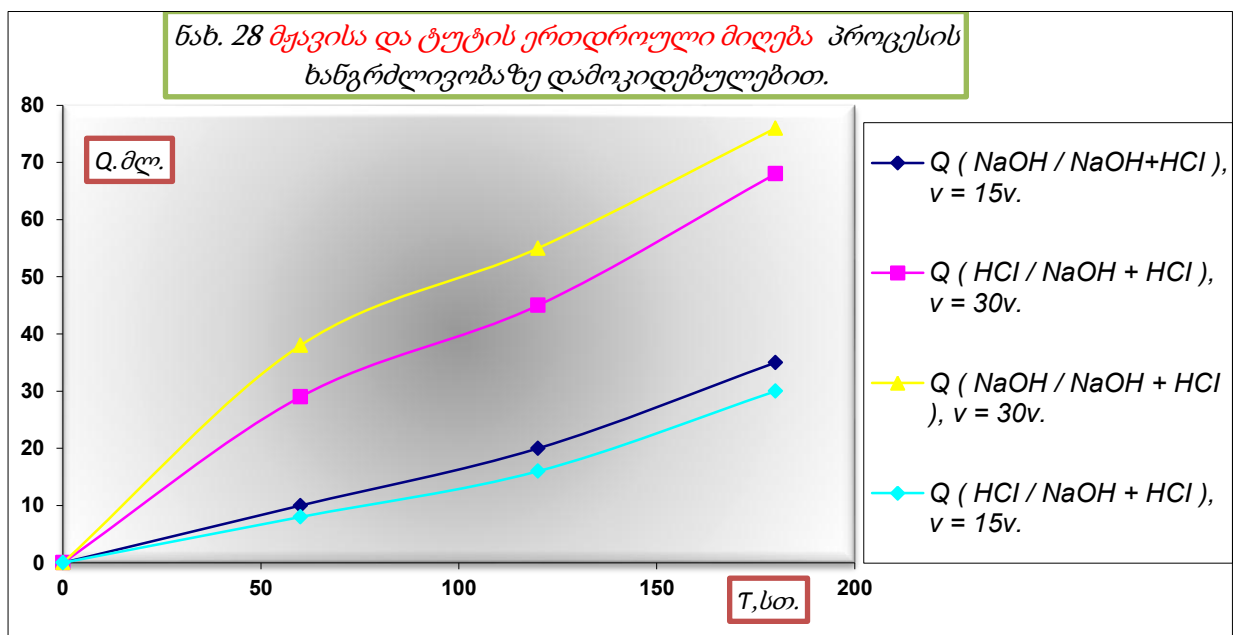
- მჟავასა და ტუტის ცალ-ცალკე მიღების დროს, ძაბვის სიდიდის გაზრდასთან ერთად, დენის ძალა იზრდება მკვეთრად პროცესის დასაწყისში (100წთ), შემდეგ – უცვლელი რჩება;
- ძაბვის ერთნაირი მნიშვნელობების პირობებში მჟავას მიღების პროცესი მიმდინარეობს უფრო ეფექტურად, ვიდრე ტუტისა;
- მჟავასა და ტუტის ერთდროულად მიღების შემთხვევაში პროცესი მიდის
- შედარებით ნელა და დამოკიდებულების მრუდეებიც განსხვავებულია.



ნახ.27,28-ზე მოცემულია მჟავასა და ტუტის როგორც ცალკე პროდუქტებად, ისე ერთდროულად მიღების შედარებითი მრუდები. როგორც გამომდინარეობს მოყვანილი მონაცემებიდან, შედარებით მაღალი დენის სიმკრივე შეიმჩნევა მჟავასა და ტუტის ერთდროულად მიღების შემთხვევაში 30 v ძაბვის დროს.



შესწავლილია პროცესის მწარმოებლურობის დამოკიდებულება დროზე (ნახ.29,30). მიღებულია: მჟავასა და ტუტის ერთდროულად მიღების პროცესის მწარმოებლურობა იზრდება დროში და დამოკიდებულია მოდებულ ძაბვაზე: საუკეთესო შედეგები



**ტუტისა და მჟავას ერთდროული მიღების ელექტროდიალიზური პროცესის
ოპტიმალური პარამეტრები**

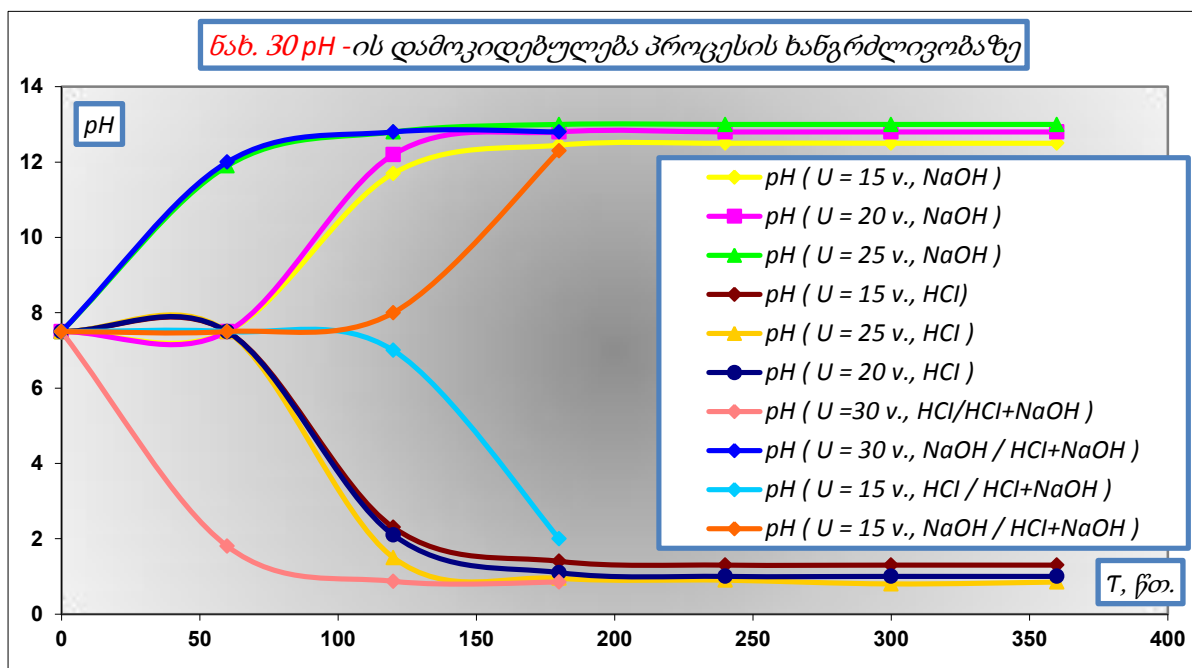
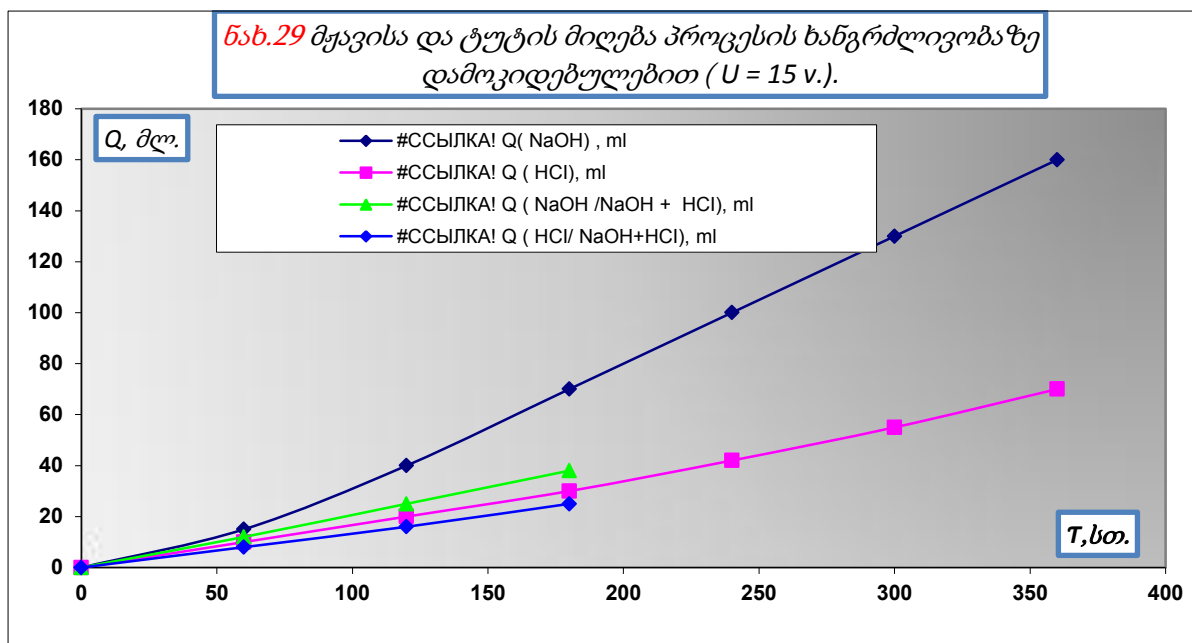
ცხრილი 6

№/№	დრო τ , წთ.	ძაბვა V , ვ.	დენი I , მΑ	$C(HCl)$, გ/ლ	$C(NaOH)$, გ/ლ	$t^{\circ}C$			pH			$Q(დ.)$, მლ/სთ.	$Q(კ.)$, მლ/სთ.
						$NaOH + H_2O$	HCl	$NaOH$	$NaOH + H_2O$	HCl	$NaOH$		
1	0	15,0	268	0	0	14,0	14,0	14,0	7,5	7,5	7,5	0	0
2	60		320	1	1,3		18,0	18,5		7,5	7,5	8	10
3	120		350	3	4,0		20,0	21,0		7,0	8,0	16	20
4	180		500	6	8,0		21,0	22,0		2,0	12,3	30	35
1	0	30,0	800	0	0	14,0	14,0	14,0	7,5	7,5	7,5	0	0
2	60		1450	10	11		22,0	25,0		1,8	12,0	29	38
3	120		1800	18	25		25,0	27,0		0,87	12,8	45	55
4	180		2215	24	28		29,0	30,0		0,85	12,8	68	76

- მოდელური დანადგარი;
- 10 კამერა; 5 დიალიზური კამერი და 5 კონცენტრირების (HCl ან $NaOH$) კამერა;
- გადადენა ტუტის კამერაში – 3 მლ.;
- გადადენა მჟავას კამერაში – 2,5 მლ.;
- დიალიზატის წარმადობა – 100 მლ/სთ;
- საწყისი წყლის მარილიანობა $C(NaOH) = 15$ გ/ლ.
- pH იზომებოდა – pH -მეტრით JENWAY 3505 pH Meter ;
- მარილიანობა – კონდუქტომეტრით RANGE 100/19900 ;
- დენის ძალა და ძაბვა – მილიამპერმეტრით M 2038, M 2018.

ცნობილია, რომ მჟავასა და ტუტის ხარისხს განაპირობებს მათი ხსნარების pH მნიშვნელობა. ამ მიზნით განსაზღვრული იყო მჟავასა და ტუტის ხსნარების pH -ის ცვლილება პროცესის დროისაგან დამოკიდებულებით (ნახ.30,31).

მიღებულია, რომ დამოკიდებულების ხასიათი ყველა შემთხვევაში ერთნაირია: დასაწყისში მკვეთრი ზრდა (ტუტე) ან ვარდნა (მჟავა), შემდეგ კი pH -ის უცვლელობა (ნახ.30).



მაზვის გაზრდით. მათი ერთდროულად მიღების შემთხვევაში მაქსიმალური pH -ის მნიშვნელობა მიიღწევა 30 v-ზე 3 სთ-ის განმავლობაში და შეადგენს მჟავას $pH=0,85$, ხოლო ტუტისა – $pH=12,8$ (ნახ. 31).

მჟავასა და ტუტის ცალ-ცალკე მიღების დროს მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა 25 v-ზე და მჟავასთვის შეადგენს $pH=0,8$, ხოლო ტუტისათვის $pH=13$. ეს მნიშვნელობები შეესაბამება 0,08 N HCl და 0,1 N NaOH.

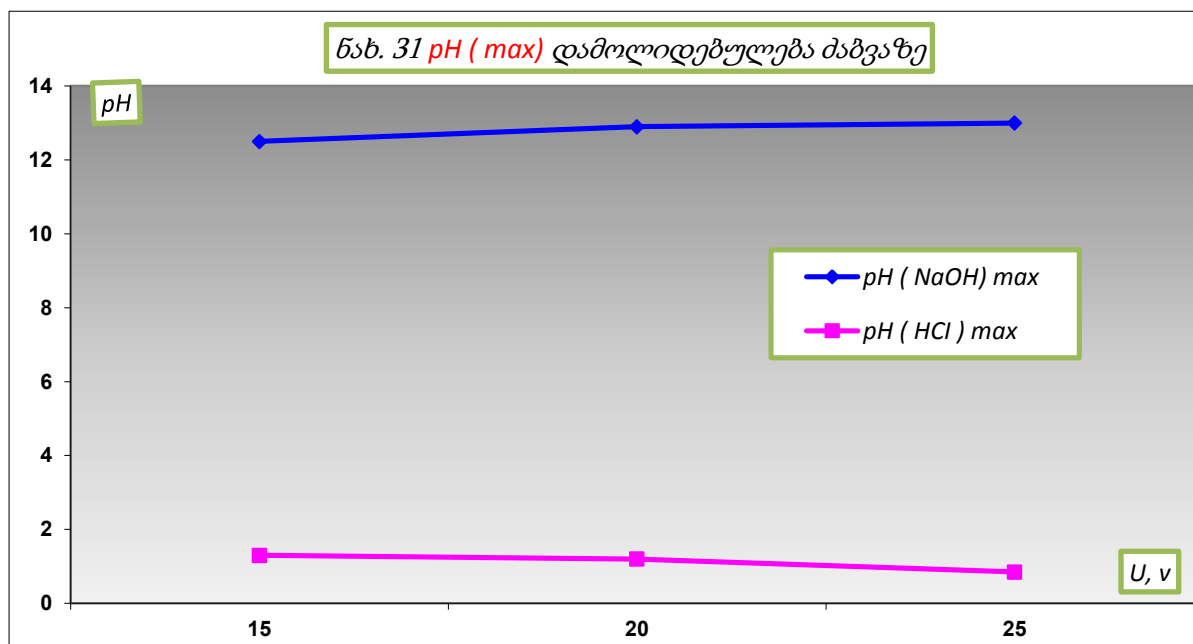
მიღებული მონაცემების საფუძველზე შერჩეულია მჟავასა და ტუტის მიღების :

- ოპტიმალური ტექნოლოგიური სქემა (ნახ.26) :

პროცესი უნდა ჩატარდეს ცირკულაციურ რეჟიმში ბიპოლარული მემბრანების

განოყენებით;

- ოპტიმალური რეჟიმი : ძაბვა : $V = 200V$, წარმადობა : $Q = 200\text{ლ./სთ} \cdot \theta$



დადგენილია : მიღებული ხსნარების კონცენტრაცია საკმარისია მცენარეული ნედლეულიდან პექტინის იზოლატების მისაღებად.

შემდეგ ეტაპზე მიიღებოდა პექტინური იზოლატები.

კვლევა წარმოებდა ციტრუსოვანთა : ლიმონის, ფორთოხლის, მანდარინის ნაყოფებზე და ამ ნაყოფებიდან წვენი გამოწურვის ანარჩენებზე.

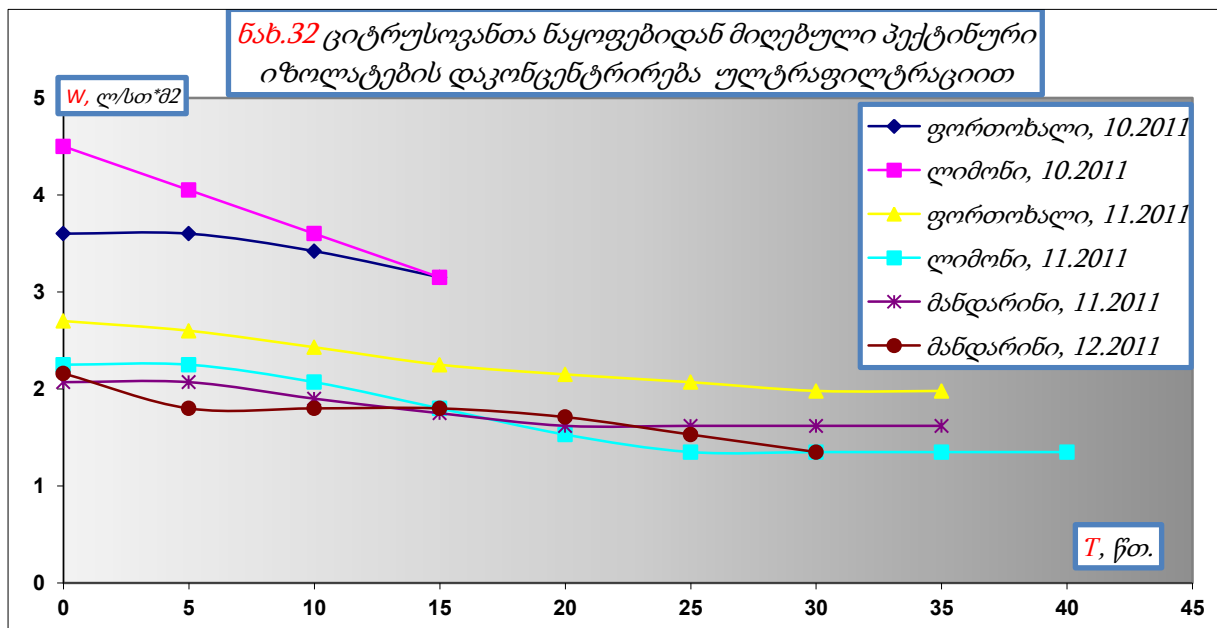
ისაზღვრებოდა პექტინის იზოლატების მიღების პარამეტრები : ჰიდრომოდული (შეფარდება $H_2O : HCl$), ექსტრაგირების ხანგრძლივობა (2,4,8,-12,24 და 48 სთ.), დაკონცენტრირების ოპტიმალური პირობები : წნევა, მწარმოებლურობა (W) და პროცესის ხანგრძლივობა, ხდებოდა პექტინის სრული გამოყოფისათვის საჭირო რეაგენტის (C_2H_5OH) და ტექნოლოგიური სქემის შერჩევა.

პექტინის მიღება მიმდინარეობდა დამუშავებული ოპტიმალური ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით; იზოლატების დაკონცენტრირება ულტრაფილტრაციით.

მიღებული მონაცემები მოყვანილია ნახ. 32-36 -ზე.

დადგენილია, რომ პექტინური იზოლატების დაკონცენტრირების პროცესის მწარმოებლურობა უმნიშვნელოდ მცირდება დროში და დამოკიდებულია ნაყოფის სახეობასა და მოკრეფის დროზე (ნახ.32) : ნაყოფის დამწიფებით, კანში და შესაბამისად კანიდან მიღებულ იზოლატში, იზრდება პექტინის რაოდენობა, იზოლატის სიბლანტე და

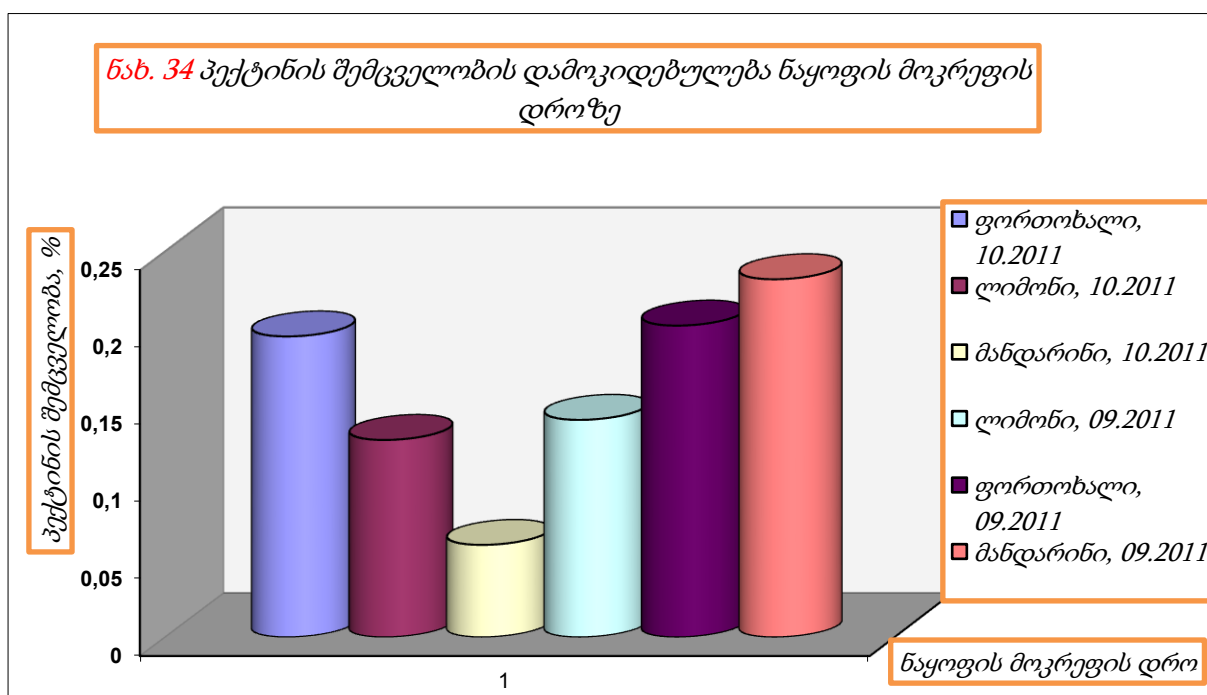
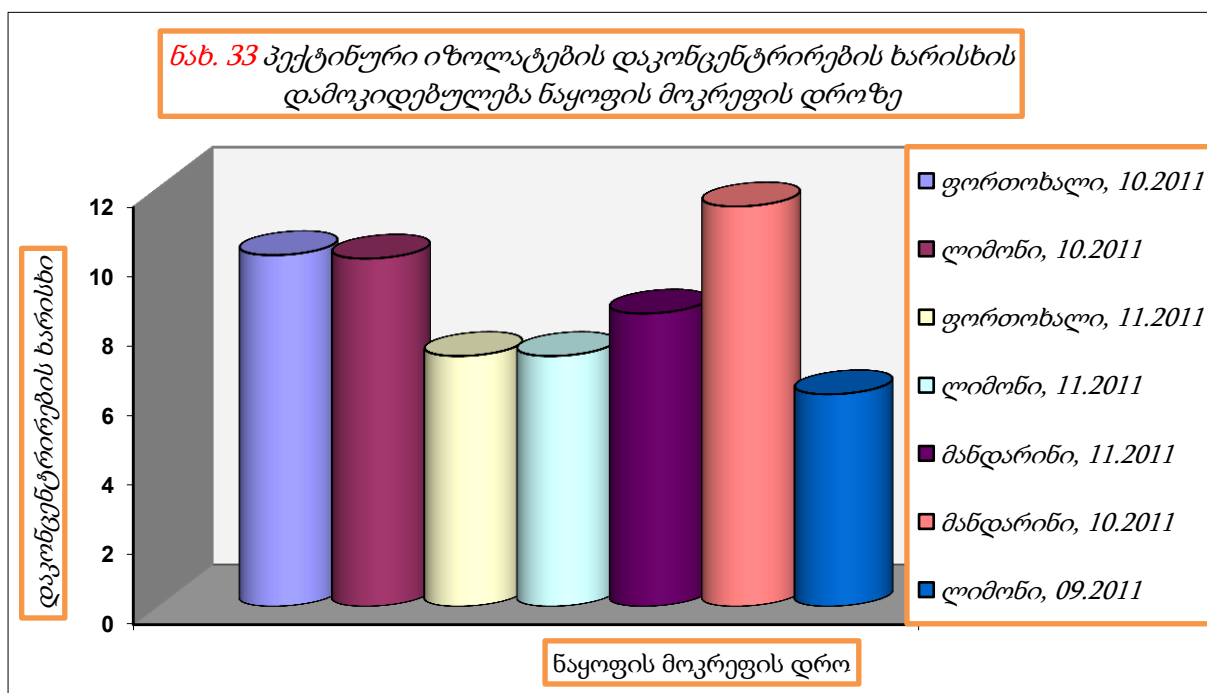
როგორც შედეგი იზოლატის დაკონცენტრირება მიდის ნაკლები სიჩქარით და უფრო ხანგრძლივად - პრაქტიკულად დაკონცენტრირების დრო იზრდება ორჯერ, პროცესის მწარმოებლურობა კი - მცირდება 30-50%-ით



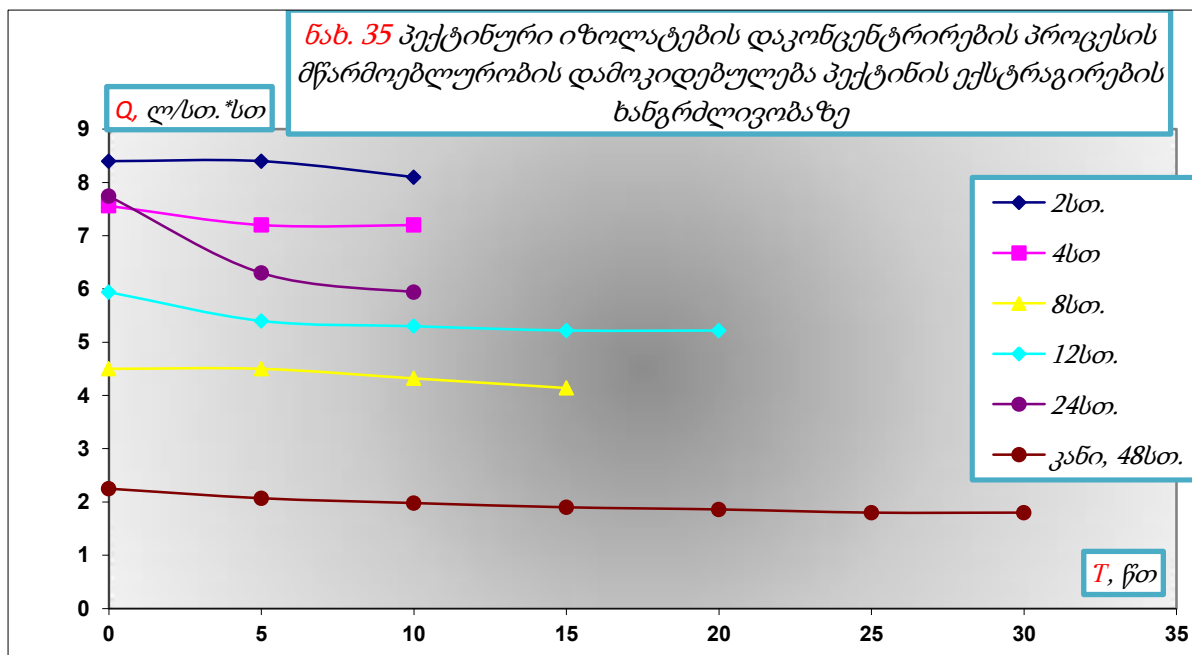
აგრეთვე მიღებულია, რომ უმწიფარი ლიმონიდან მიღებული პექტინური იზოლატი იფილტრება უფრო ჩქარა, ვიდრე ფორთოხლის (10.2011წ.). დამწიფებული ნაყოფების ანარჩენიდან (11.2011წ.) მიღებული იზოლატები დაკონცენტრირების ხანგრძლივობის მიხედვით განლაგდება რიგში: ფორთოხალი -> ლიმონი -> მანდარინი.

დადგენილია, რომ დაკონცენტრირების ხარისხი დამოკიდებულია ნაყოფების მოკრეფის დროზე (ნახ.33). მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარე, ფორთოხლისა და ლიმონის ანარჩენებიდან მიღებული იზოლატების დაკონცენტრირების ხარისხი პრაქტიკულად არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და დამოკიდებულია ნაყოფების მოკრეფის დროზე: ნოემბერში მოკრეფილი ყველა სახის ციტრუსოვანთა ნაყოფების ანარჩენებიდან მიღებული იზოლატების დაკონცენტრირების ხარისხი მცირდება - 20-25%-ით.

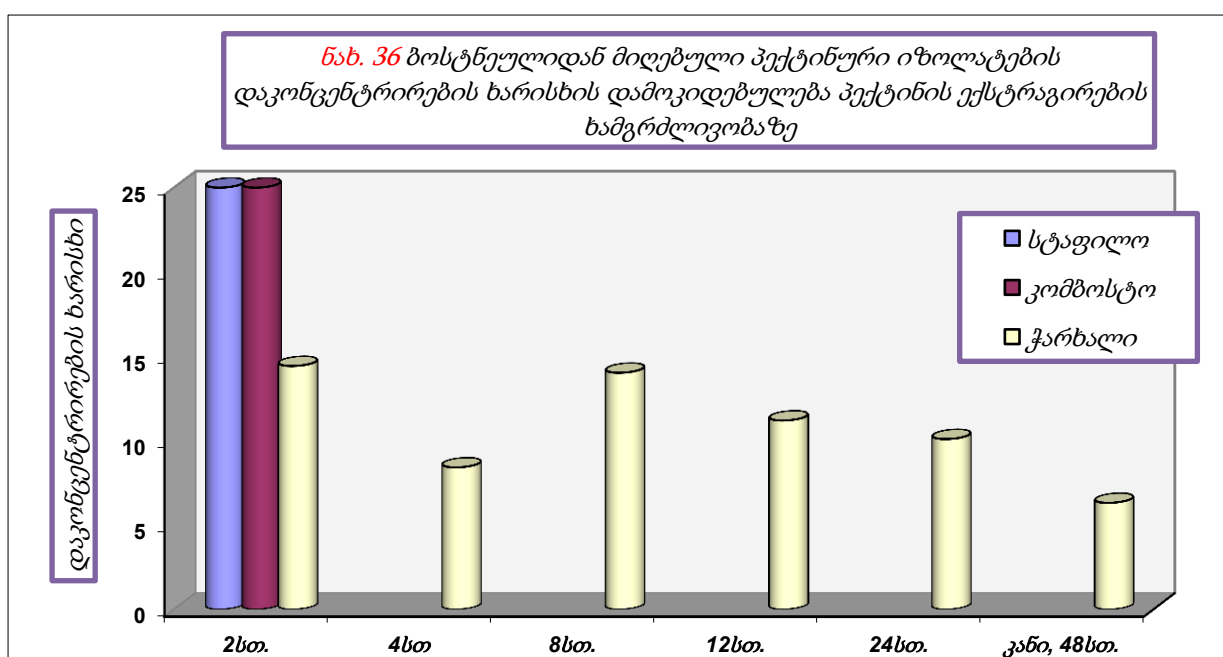
ანარჩენებიდან მიღებული იზოლატების დაკონცენტრირების ხარისხის ზრდის მიხედვით ნაყოფები განლაგდება რიგში : ლიმონი -> ფორთოხალი -> მანდარინი
ფორთოხლისა და ლიმონის ნაყოფების დამწიფებით პექტინის შემცველობა იცვლება უმნიშვნელოდ, მანდარინის ნაყოფში - მნიშვნელოვნად: მცირდება - 5 ჯერ (10.2011წ.) (ნახ.34). შესაბამისად, ამ თვეში მოკრეფილი მანდარინიდან მიღებული იზოლატების დაკონცენტრირების ხარისხი უფრო მაღალია (ნახ.33).



ნახ.35-ზე მოყვანილია ჭარხლიდან მიღებული პექტინური იზოლატების დაკონცენტრირების პროცესის მწარმოებლურობის დამოკიდებულება პექტინის ექსტრაგირების ხანგრძლივობაზე. ჭარხლის რბილობიდან პექტინის ექსტრაგირება ტარდებოდა 2,4,8,12 და 24 სთ. განმავლობაში. როგორც მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარეობს, ექსტრაგირების დროის გაზრდით, პექტინის გამოყოფის სრულყოფა იზრდება და შესაბამისად პროცესის მწარმოებლურობა - მცირდება.



ნახ.35-ზე აგრეთვე მოყვანილია კანიდან (ექსტრაგირება - 48სთ.) მიღებული პექტინური იზოლატის დაკონცენტრირების პროცესის მწარმოებლურობის ცვლილება დროში. მიღებულია, რომ ჭარხლის კანში პექტინის რაოდენობა მეტია, ვიდრე რბილობში, შესაბამისად იზოლატი შეიცავს პექტინს უფრო მეტ რაოდენობას, ვიდრე რბილობი და პროცესის მწარმოებლურობა, რბილობთან შედარებით, ძლიერ დაქვეითდება - 70%-ით. ნახ.36-ზე შედარებულია ბოსტნეულიდან (სტაფილო, კომბოსტო, ჭარხალი) მიღებული პექტინური იზოლატების დაკონცენტრირების ხარისხის დამოკიდებულება პექტინის ექსტრაგირების ხანგრძლივობაზე.

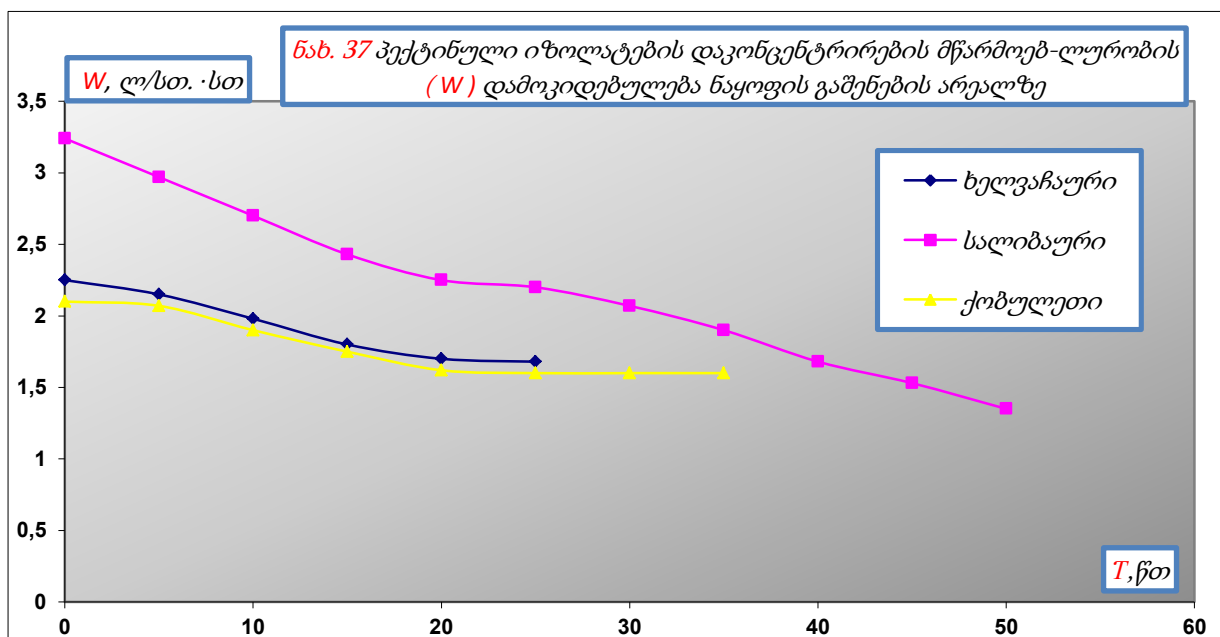


დადგენილია: სტაფილოსა და კომბოსტოს ანარჩენებიდან მიღებული პექტი-ნური იზოლატების დაკონცენტრირების ხარისხი პრაქტიკულად ერთნაირია და ~40%-ით მეტია ჭარხლის იზოლატის დაკონცენტრირების ხარისხზე.

ისაზღვრებოდა პექტინური იზოლატის დაკონცენტრირების პროცესის მწარმოებლურობის დამოკიდებულება ნაყოფის გაშენების არეალზე (ნახ.37). კვლევა წარმოებდა აჭარის სხვადასხვა რაიონში: ხელვაჩაური, სალიბაური, ქობულეთი, გაშენებულ მან-დარინის ნაყოფებზე. პექტინური იზოლატის დაკონცენტრირების პროცესის მწარმოებლურობის ზრდის მიხედვით დადგენილია დამოკიდებულების შემდეგი რიგი:

ქობულეთი - ხელვაჩაური - სალიბაური

ქობულეთის მანდარინის ანარჩენიდან მიღებული იზოლატი შეიცავს ყველაზე მეტ პექტინის რაოდენობას, რის შედეგად მას უჭირს დაკონცენტრირება და შესაბამისად დაკონცენტრირების პროცესის მწარმოებლურობაც იზრდება.



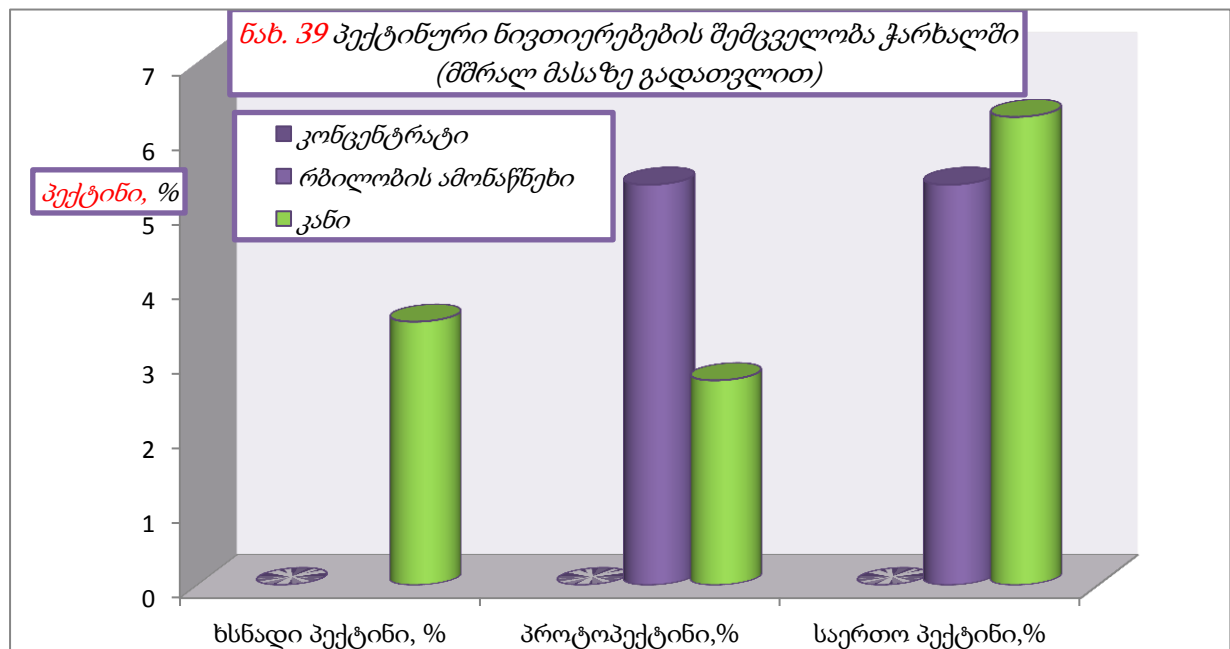
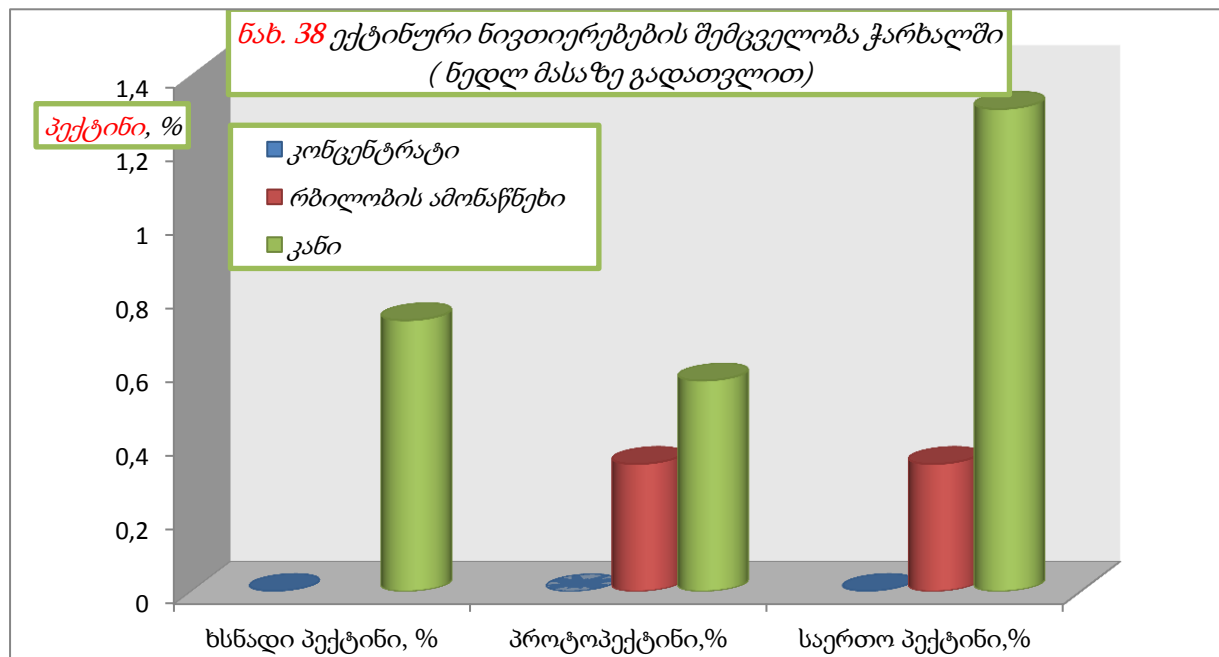
აგრეთვე ჭარხალში ისაზღვრებოდა პექტინური ნივთიერებების: ხსნადი, უხსნადი (პროტოპექტინი) და საერთო პექტინის რაოდენობა ნედლ და მშრალ მასაზე გადათვლით. პექტინური ნივთიერებების შემცველობის ზრდის მიხედვით დადგენილია დამოკიდებულების შემდეგი რიგი:

ნადლ მასაზე გადათვლით (ხსნადი, საერთო და პროტოპექტინი):

- კონცენტრატი -> რბილობის ამონაწენები -> კანი;

მშრალ მასაზე გადათვლით :

- პროტოპექტინი : კონცენტრატი ->კანი -> რბილობის ამონაწნები;
- საერთო პექტინი : კონცენტრატი -> რბილობის ამონაწნები -> კანი;
- ხსნადი პექტინი : კონცენტრატი -> კანი



ჭარხლისა და ციტრუსოვანთა პექტინის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და მაჩვენებლები მოყვანილია ცხრ. 7,8-ში

ციტრუსოვანთა პექტინების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

ცხრილი 7

<i>№/№</i>	<i>მაჩვენებლები</i>	<i>ლიმონი</i>	<i>ფორთოხალი</i>	<i>მანდარინი</i>
1	გამოსავლიანობა, %	17,2	17,8	14,5
2	ტენიანობა, %	10,1	8,6	10,6
3	ნაცარი, %	2,82	2,85	3,0
4	ლაბის წარმოქმნის უნარი, ° TF	225	180	200
5	ლაბის წარმოქმნის ხანგრძლივობა წთ.	1,0	5,0	4,0
6	ეთერიფიკაციის ხარისხი, %	63,2	57,0	57,1
7	ექვივალენტური მასა	1462	659	940
8	მეტოქსილური ჯგუფები, %	8,62	7,73	7,40
9	ანჰიდროურონული მჟავები, %	77,4	76,9	73,6
10	აცეტილური ჯგუფები, %	0,32	0,55	—
11	მოლეკულური მასა	92 600	67 000	72 700

ჰარხლის პექტინის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

ცხრილი 8

<i>№/№</i>	<i>მაჩვენებლები</i>	<i>C₂H₅OH</i>	<i>C₂H₅OH</i>	<i>AlCl₃</i>	<i>CaCl₂</i>
1	<i>pH</i>	0,7	1,0	2,0	2,0
2	ტემპერატურა, °C	40	70	70	60
3	ექსტრაგირების ხანგრძლივობა, სთ	22	2	12	12
4	ჰიდრომოდული	6	6	6	6
5	ანჰიდროურონული მჟავები, %	74,4	85,8	83,0	82,0
6	მეტოქსილური ჯგუფები, %	5,35	6,6	6,0	5,8
7	აცეტილური ჯგუფები, %	0,85	0,86	0,85	1,1
8	მოლეკულური მასა	30 · 10 ³	35 · 10 ³	40 · 10 ³	35 · 10 ³
9	ჟელეს მდგრადობა, კპა	70,66	55,99	70,66	53,33

პექტატ- Na^+ -სორბენტის მიღება

სამუშაოს საწყის ეტაპზე მიიღებოდა პექტინი ლიმონის, ფორთოხლის და მანდარინის წვენიდან გამოწურვის შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენების ტიხრებიდან, რბილობიდან და კანიდან: ალბედო და ფლავედო.

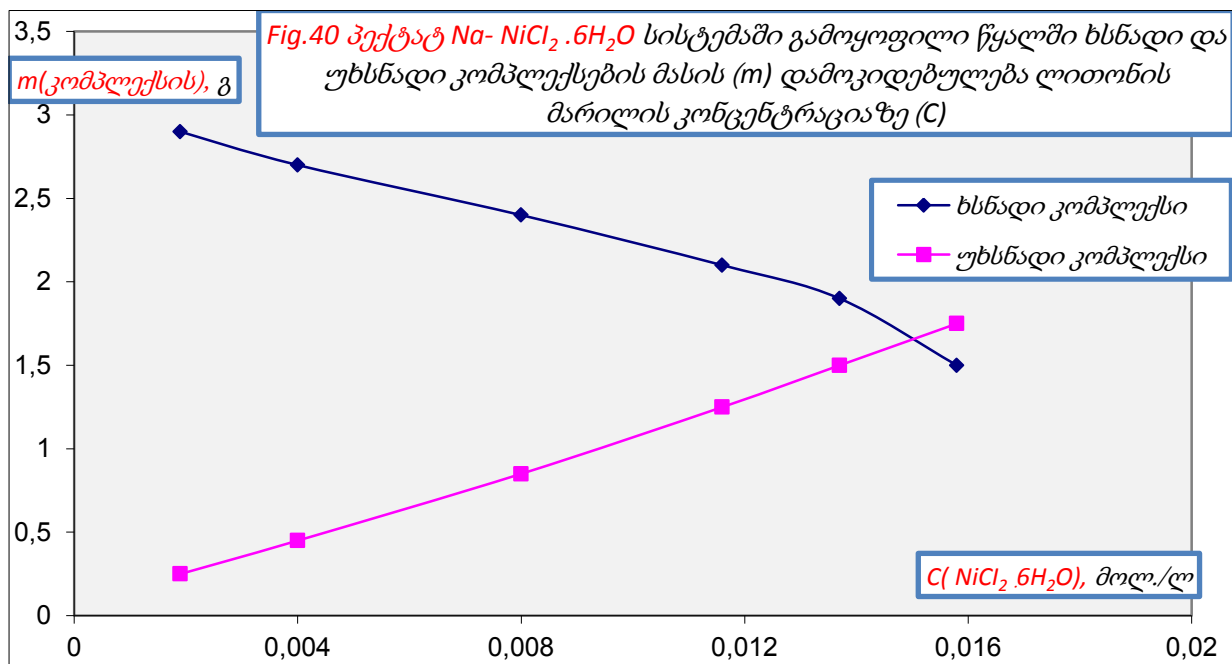
დადგენილია: ყველაზე კარგი ხარისხის, ბოჭკოვანი სტრუქტურის პექტინი, მიიღება ლიმონის ალბედოდან და ის ამორჩეული იყო სორბენტის მიღების საწყის ნედლეულად.

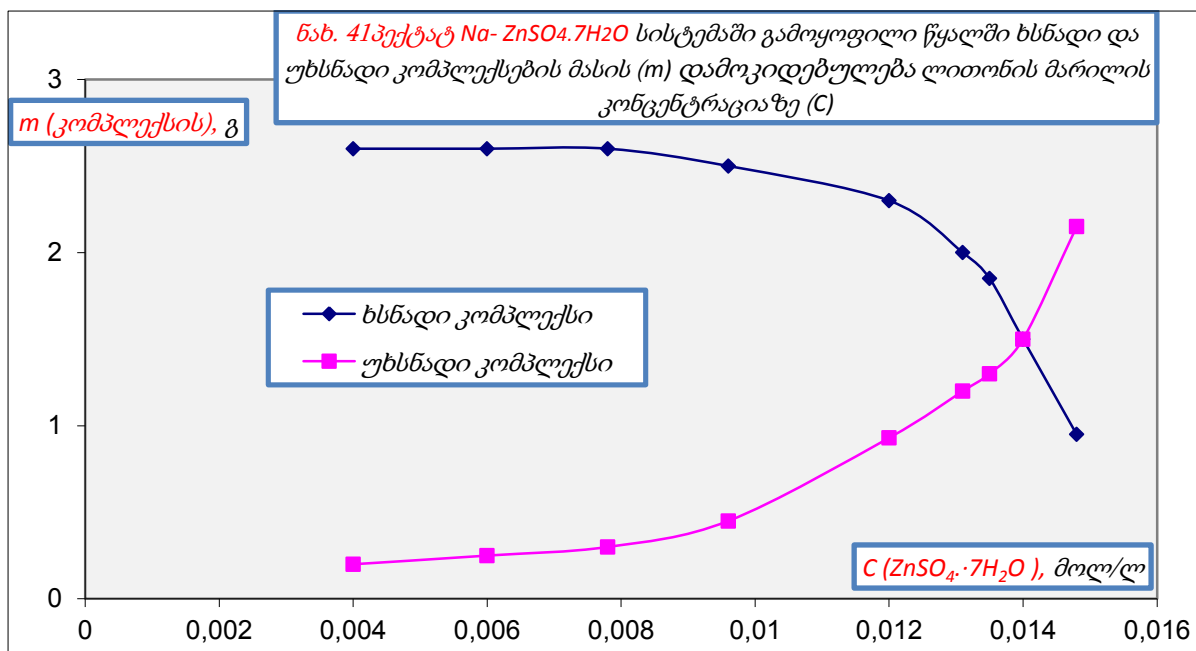
სორბენტი - პექტატ- Na^+ - მიიღებოდა ხსნადი - Na^+ და უხსნადი ფორმით.

კომპლექსების ხსნადი და უხსნადი ფორმების წარმოქმნის ლითონების ზღვრული კონცენტრაციის დასადგენათ ისაზღვრებოდა გამოყოფილი ხსნადი და უხსნადი კომპლექსების მასის დამოკიდებულება ლითონის მარილის კონცენტრაციაზე.

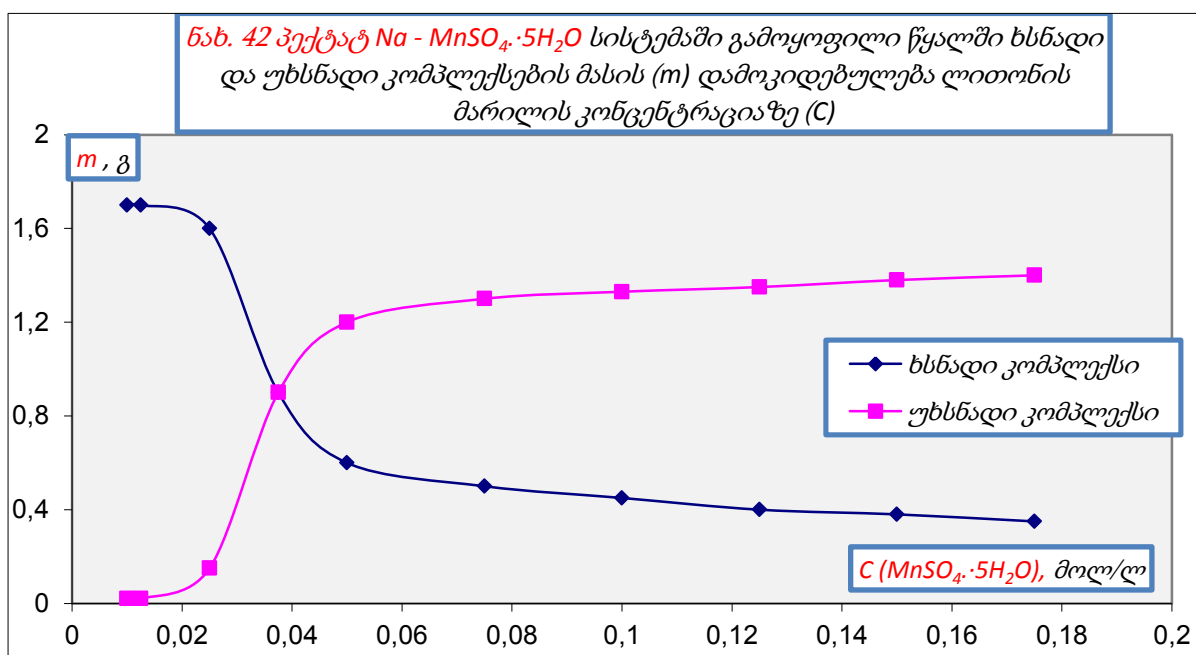
მიღებული მონაცემები მოყვანილია ნახ. 40- 49ზე.

დადგენილია, რომ მარილის კონცენტრაციის გაზრდით წყალში უხსნადი კომპლექსის მასა იზრდება, წყალში ხსნადის კი - მცირდება. არსებობს ამ ორი პროცესის ამსახველი მრუდების გადაკვეთის წერტილი, რომელიც შეესაბამება 0.015 მოლ/ლ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) და 0.014 მოლ/ლ ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ანუ ლითონის მარილების ზღვრულ კონცენტრაციას, როდესაც წარმოიქმნება მხოლოდ წყალში ხსნადი ან უხსნადი მეტალოკომპლექსი (ნახ. 40, 41).





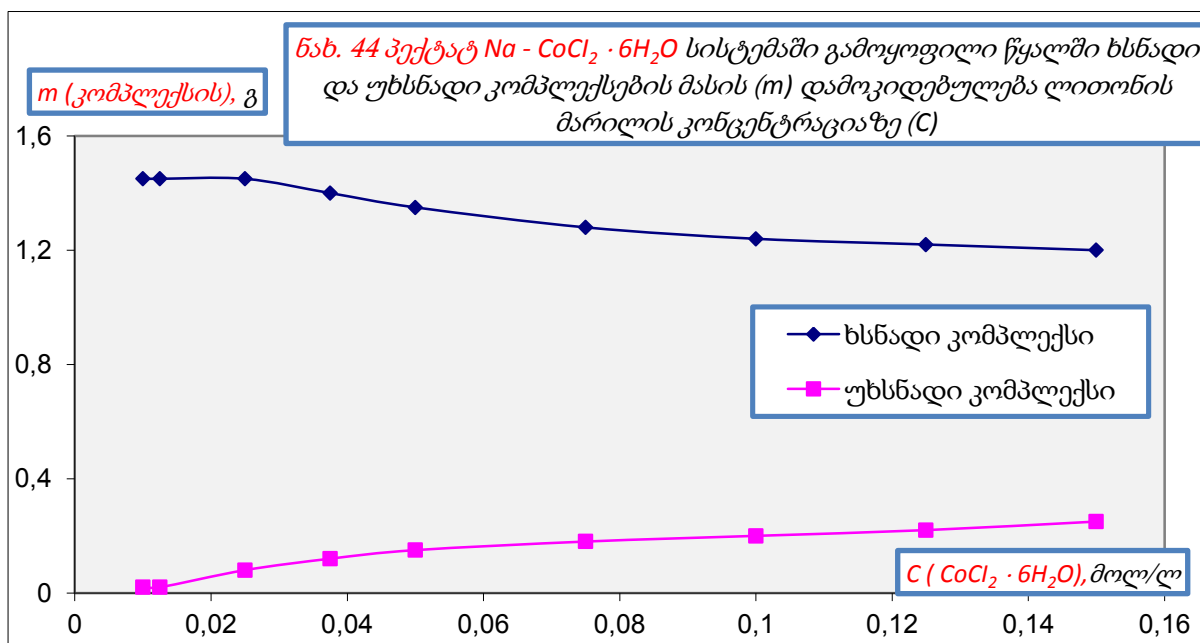
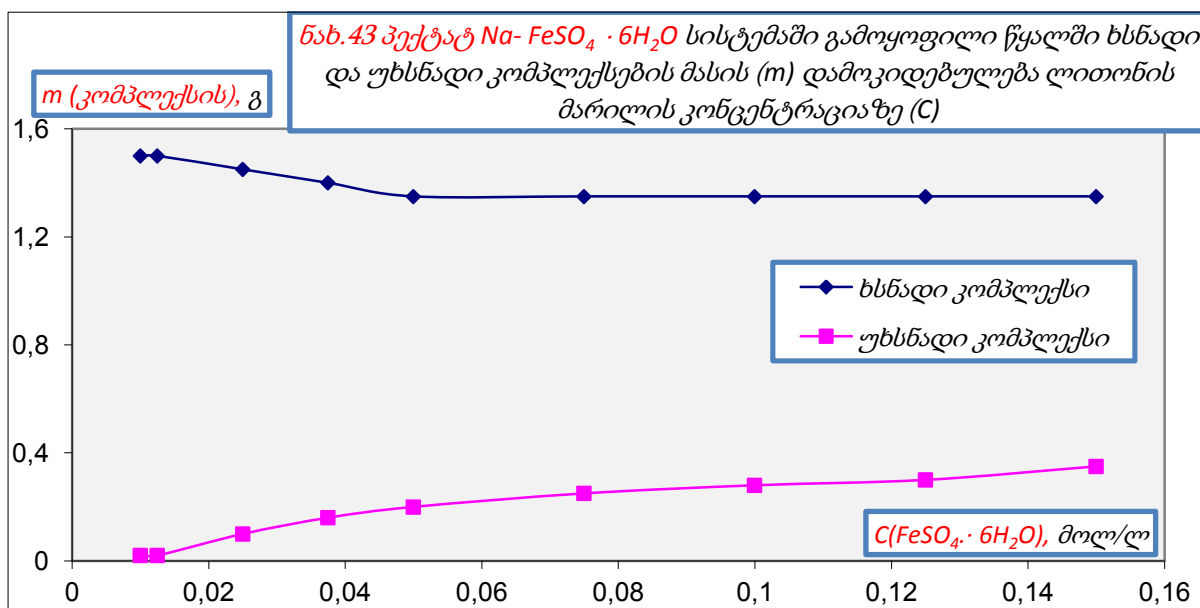
$MnSO_4 \cdot 5H_2O$ მარილისათვის ეს კონცენტრაცია მაღალია, -2 ჯერ აღემატება $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ და $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ მარილებისათვის მიღებულ ზღვრულ კონცენტრაციებს და შეადგენს 0.035 მოლ/ლ. (ნახ.42).

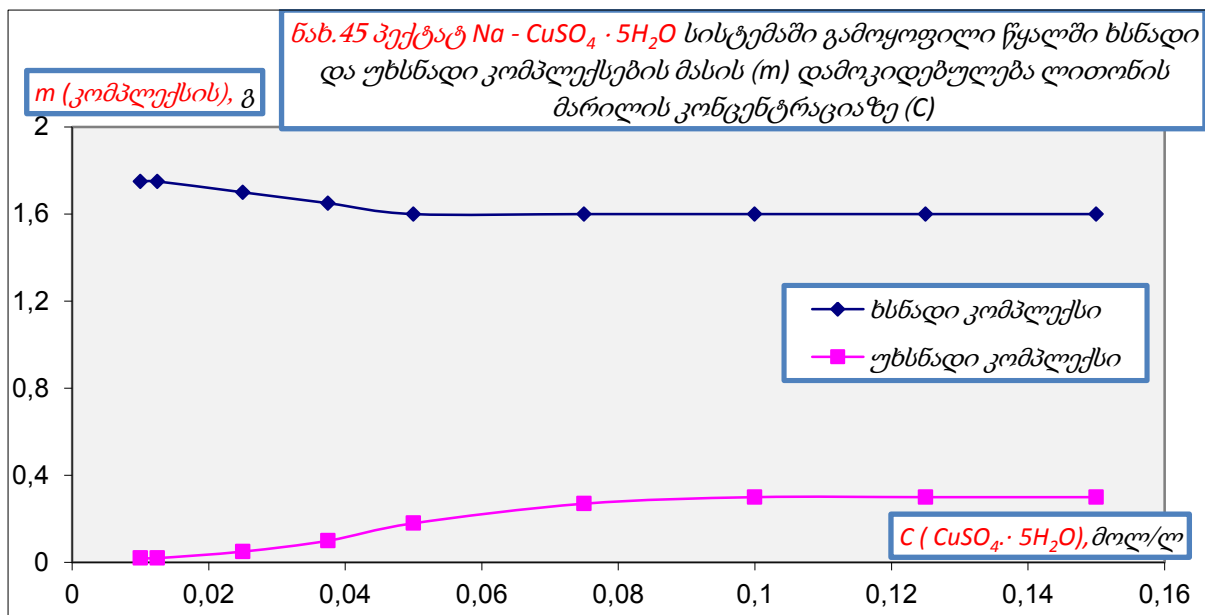


მეტალოკომპლექსის გამოყენებას განაპირობებს მისი ფორმა : თუ კომპლექსი უნდა გამოიყენოს ფარმაცევტულ მრეწველობაში, როგორც ფარმაცევტული პრეპარატი, ის უნდა იყოს წყალში ხსნადი ფორმით, თუ კვების მრეწველობაში, როგორც კუჭნაწლავის ტრაქტის საკვები მონელების აქტიური კომპონენტი - წყალში უხსნადი ფორმით. კომპლექსის საჭირო ფორმის მიღება დამოკიდებულია ლითონის მარილის კონცენტრაციაზე.

დადგენილია: მარილის დაბალი კონცენტრაციები გამოიყენება წყალში ხსნადი კომპლექსების მისაღებად, მაღალი კი- წყალში უხსნადი.

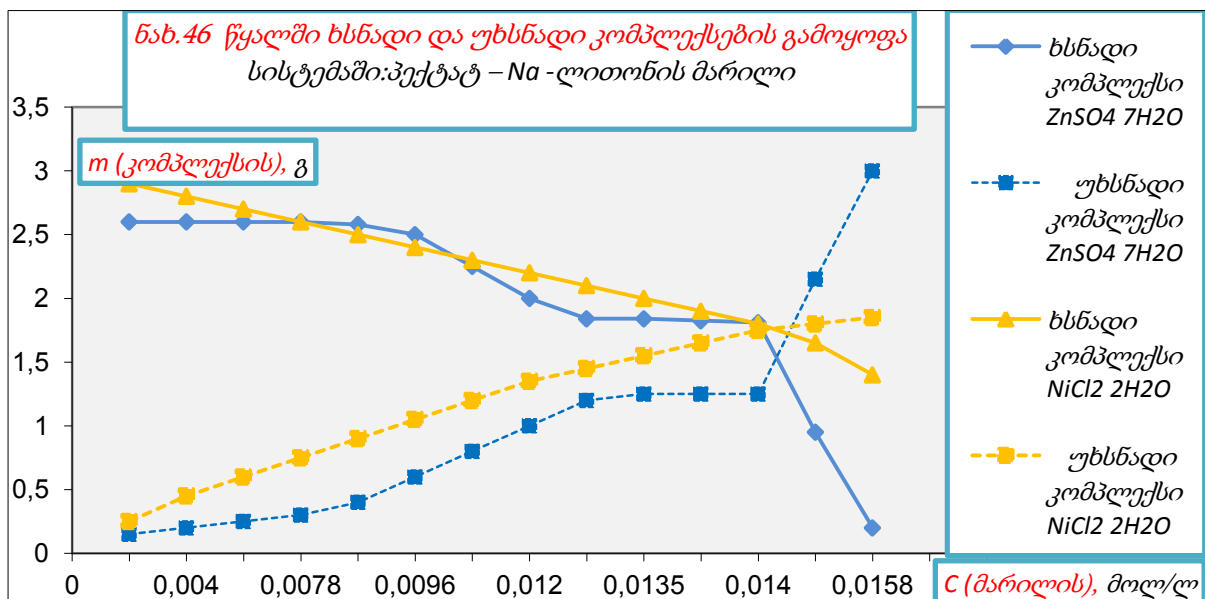
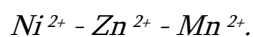
რაც შეეხება Co^{2+} , Fe^{2+} და Cu^{2+} -მარილებს, როგორც მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარეობს (ნახ. 43-45), ამ ლითონებთან მიიღება პარალელურად წყალში ხსნადი და უხსნადი კომპლექსები (მრუდები არ გადაკვეთავენ ერთმანეთს), მაგრამ აღსანიშნავია ის, რომ Co^{2+} , Fe^{2+} და Cu^{2+} - ლითონების მარილის კონცენტრაციები 10-ჯერ უფრო მაღალია ვიდრე მიღებული Ni^{2+} -ის და Zn^{2+} -ის შემთხვევაში. ეს კონცენტრაციები შეესაბამება მათ შემცველობას ადამიანის ორგანიზმში.

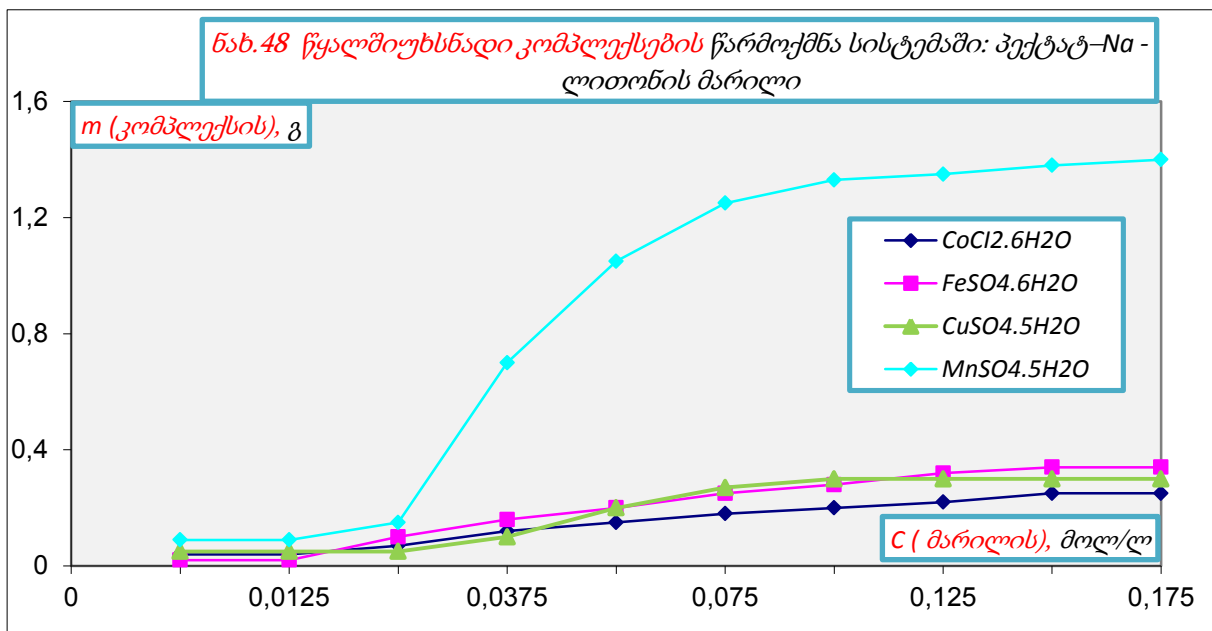
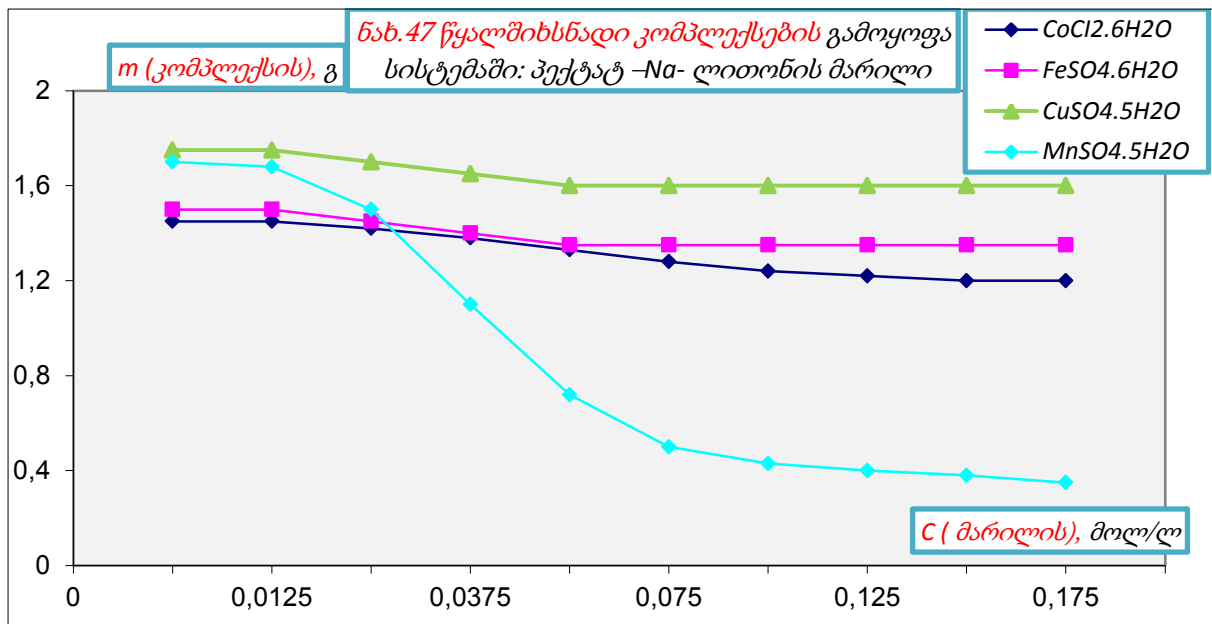




მიღებული მონაცემიდან გამომდინარეობს, რომ თუ საჭიროა Co^{2+} - თან ხსნადი ფორმის მიღება კონცენტრაცია უნდა შეადგენდეს 0.01მოლ/ლ-მდე და შესაძლებელია წყალში უხსნადი ფორმების მიღება, როდესაც მარილის კონცენტრაცია აღემატება 0.01 მოლ/ლ. რაც შეეხება Mn^{2+} მარილს, აქ არსებობს გადაკვეთის წერტილი 0.04 მოლ /ლ. ამ კონცენტრაციის გაზრდით იზრდება უხსნადი კომპლექსის და მცირდება ხსნადი კომპლექსის რაოდენობა.

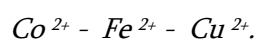
წყალშიხსნადი და უხსნადი კომპლექსების გამოყოფა დამოკიდებულია ლითონის სახეობაზე (ნახ.46-49): კრიტიკული წერტილი მიღწევის მიხედვით ლითონები განლაგდება რიგში:





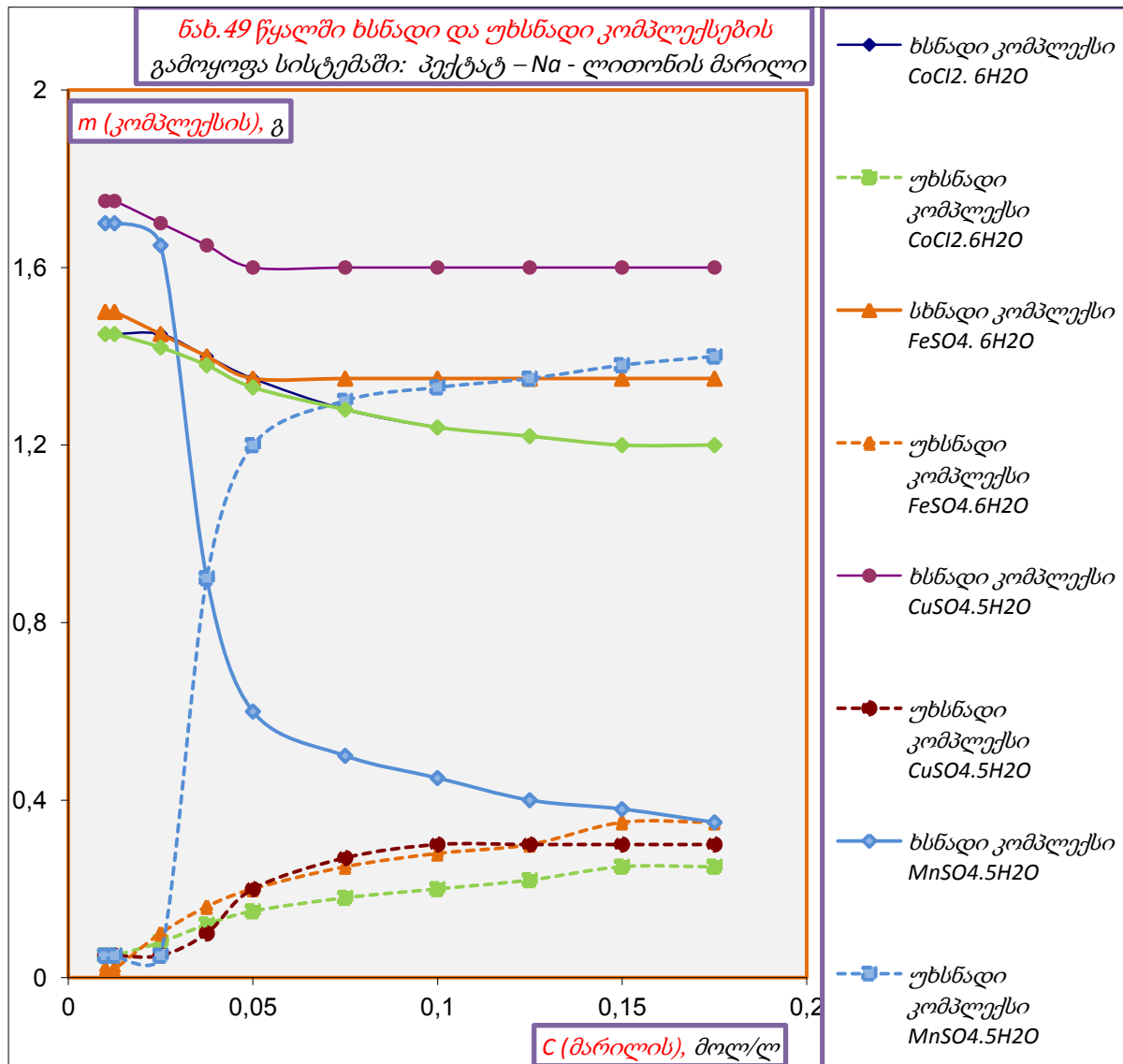
დადგენილია, რომ ყველაზე მკვეთრად, ზუსტად ექვივალენტური რაოდენობით იცვლება წყალში ხსნადი და უხსნადი გამოყოფილი კომპლექსების მასა Mn^{2+} -იონის შემთხვევაში.

წყალში ხსნადი და უხსნადი გამოყოფილი კომპლექსების მასის ზრდის მიხედვით ლითონები განლაგდება რიგში:



ნახ. 49 -ზე მოყვანილია წყალში ხსნადი და უხსნადი კომპლექსების შედარება. დადგენილია, რომ d-ლითონების მარილების ზღვრული კონცენტრაცია Na^+ -კათიონების

მიმართ უნდა უდრიდეს 25%-ს და ის წარმოადგენს პექტატ-კომპლექსების ხსნადი და უხსნადი ფორმების მიღების ზღვარს. 1–25%-მდე მიიღება წყალხსნადი ფორმა, 25%-ის ზემოთ წყალში უხსნადილითონების გამოსაყოფად, უნდა გამოიყენოს წყალშიუხსნადი კომპლექსი . თუ კი პირიქით - საჭიროა ადამიანის ორგანიზმის გამდიდრება სასიცოცხლო მნიშვნელოვანი ელემენტებით Fe^{+2} -ით, Cu^{+2} -ით, Co^{+2} -ით, მაშინ - წყალშიხსნადი კომპლექსი.



ყველა კომპლექსები გამოყოფილია მყარი ნივთიერებების სახით. თუ Na-პექტატის სორბენტი გამოიყენება ორგანიზმიდან, ჩამდინარე და ბუნებრივი წყლებიდან მძიმე

მეტალოკომპლექსების ფოტო წარმოდგენილია №1 დანართში ; მათი შედგენილობა დამტკიცდა გადაღებული IR სპექტრებით (დანართი 2).

დასკვნა:

- კვლევა წარმოებდა ხილისა (ციტრუსოვანთა : ლიმონი, ფორთოხალი მანდარინი), ბოსტნეულის : სტაფილო, კომბოსტო, ჭარხალი ნაყოფებზე და წვენი გამოწურვის ანარჩენებზე;
- პექტინური იზოლატების გამოყოფა მიმდინარეობდა ელექტროდიალიზის პროცესში მიღებული მჟავათი და ტუტით;
- კვლევა წარმოებდა ზღვის წყალზე ($C(NaCl) = 15\text{ გ/ლ}$), ლაბორატორიულ ელექტროდიალიზურ დანადგარზე იონმიმოცვლით ერთფენოვან (MK-40, MA-40) და ორფენოვან (ბიპოლარულ) – MB-2 მემბრანებზე, მუდმივი ძაბვის პირობებში;
- შემუშავებულია მჟავასა და ტუტის ერთდროულად მიღების ჰიდრავლიკური სქემები;
- განსაზღვრულია მჟავასა და ტუტის კონცენტრაციის, pH, ტემპერატურის, პროცესის მწარმოებლურობის, დენის ცვლილების დამოკიდებულება პროცესის ხანგრძლიობაზე სხვადასხვა ძაბვის პირობებში;
- განსაზღვრულია მჟავასა და ტუტის ხსნარების pH-ის ცვლილება პროცესის დროისაგან დამოკიდებულებით;
- დადგენილია, რომ მჟავასა და ტუტის pH-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა ძაბვის გაზრდით და მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა $V = 30\text{ v}$ -ზე : მჟავასთვის - $pH=0,85$, ტუტისათვის - $pH = 12,8$. ეს მნიშვნელობები შეე-საბამება $0,08\text{ N HCl}$ და $0,1\text{ N NaOH}$; სასმელი წყლის, მჟავისა და ტუტის ერთდროულად მიღების პირობებში კი - $V = 200\text{ v}$, ხარჯი - 200 მლ/სთ. ;
- შერჩეულია მჟავასა და ტუტის მიღების ოპტიმალური ტექნოლოგიური სქემა: პროცესი უნდა ჩატარდეს ცირკულაციურ რეჟიმში ბიპოლარული მემბრანების განოყენებით, $V = 200\text{ v}$, ხარჯი - 200 ლ/სთ. ;
- დადგენილია, რომ ელექტროდიალიზით მიღებული მჟავასა და ტუტის კონცენტრაცია და ხარისხი საკმარისია ხილისა და ბოსტნეულის ნარჩენებიდან პექტინისა და P-ვიტამინის გამოსაყოფად;
- პექტინის იზოლატების დაკონცენტრირება ტარდებოდა ულტრაფილტრაციით ცირკულაციურ და ტანგენციალურ რეჟიმში, პოლიამიდურ ღრუ ბოჭკოებზე, რომლებიც მოთავსებული იყო გამყოფ აპარატში AP-2.0;
- ისაზღვრებოდა პექტინისა იზოლატების მიღების პარამეტრები : ჰიდრომოდული

(შეფარდება $\text{H}_2\text{O} : \text{HCl}$), ექსტრაგირების ხანგრძლივობა (2,4,8,-12,24 და 48 სთ.), დაკონცენტრირების ოპტიმალური პირობები : წნევა, მწარმოებლურობა (W) და პროცესის ხანგრძლივობა;

- ხდებოდა პექტინის სრული გამოყოფისათვის საჭირო რეაგენტის ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CaCl_2) და ტექნოლოგიური სქემის შერჩევა;
- დადგენილია, რომ პექტინური იზოლატების დაკონცენტრირების პროცესის მწარმოებლურობა უმნიშვნელოდ მცირდება დროში და დამოკიდებულია ნაყოფის სახეობასა და მოკრეფის დროზე;
- მიღებულია: უმწიფარი ლიმონიდან მიღებული პექტინური იზოლატი იფილ-ტ-რება უფრო ჩქარა, ვიდრე ფორთოხლის;
- დამწიფებული ნაყოფების ანარჩენიდან მიღებული იზოლატები დაკონცენტრირების ხანგრძლივობის მიხედვით განლაგდება რიგში:

ფორთოხალი -> ლიმონი->მანდარინი

- მწარმოებლურობის ზრდის მიხედვით ბოსტნეულის ანარჩენები განლაგდება რიგში : კომბოსტო -> ჭარხალი -> სტაფილო;
- დადგენილია, რომ დაკონცენტრირების ხარისხი დამოკიდებულია ნაყოფების მოკრეფის დროზე: ნოემბერში მოკრეფილი ყველა სახის ციტრუსოვანთა ნაყოფების ანარჩენებიდან მიღებული იზოლატების დაკონცენტრირების ხარისხი მცირდება - 20-25%-ით;
- ანარჩენებიდან მიღებული იზოლატების დაკონცენტრირების ხარისხის ზრდის მიხედვით ნაყოფები განლაგდება რიგში :

ლიმონი -> ფორთოხალი -> მანდარინი

- ექსტრაგირების დროის გაზრდით, პექტინის გამოყოფის სრულყოფა იზრდება და შესაბამისად პროცესის მწარმოებლურობა - მცირდება;
- მიღებულია, რომ ჭარხლის კანში პექტინის რაოდენობა მეტია, ვიდრე რბილობში, შესაბამისად იზოლატი შეიცავს პექტინს უფრო მეტ რაოდენობას, ვიდრე რბილობი და პროცესის მწარმოებლურობა ძლიერ დაქვეითდება - 70%-ით. რბილობთან შედარებით;
- განისაზღვრა მშრალი ნივთიერებების შემცველობა ჭარხალში, კერძოდ კანში, რბილობში და კონცენტრატში;
- დადგენილია, რომ ყველაზე მეტი რაოდენობით მშრალ ნივთიერებებს შეიცავს კანი, ნაკლებს - რბილობი და ძალიან მცირეს - კონცენტრატში;

- ქარხალში ისაზღვრებოდა პექტინური ნივთიერებების : ხსნადი, უხსნადი (პროტოპექტინი) და საერთო პექტინის რაოდენობა ნედლ და მშრალ მასაზე გადათვლით;
- პექტინური ნივთიერებების შემცველობის ზრდის მიხედვით დადგენილია დამოკიდებულების შემდეგი რიგი :

ნედლ მასაზე გადათვლით (ხსნადი, საერთო და პროტოპექტინი) :

კონცენტრატი -> რბილობის ამონაწენები -> კანი;

მშრალ მასაზე გადათვლით :

პროტოპექტინი : კონცენტრატი ->კანი -> რბილობის ამონაწენები;

საერთო პექტინი : კონცენტრატი -> რბილობის ამონაწენები -> კანი;

ხსნადი პექტინი : კონცენტრატი -> კანი

- ისაზღვრებოდა პექტინური იზოლატის დაკონცენტრირების პროცესის მწარმოებლურობის დამოკიდებულება ნაყოფის გაშენების არეალზე;
- კვლევა წარმოებდა აჭარის სხვადასხვა რაიონში : ხელვაჩაური, სალიბაური, ქობულეთი, გაშენებულ მანდარინის ნაყოფებზე;
- პექტინური იზოლატის დაკონცენტრირების პროცესის მწარმოებლურობის ზრდის მიხედვით დადგენილია დამოკიდებულების შემდეგი რიგი :

ქობულეთი - ხელვაჩაური - სალიბაური

- დადგენილია, რომ პექტინის სრულყოფილი გამოყოფა შესაძლებელია ეთილის სპირტის გამოყენებით;
- პექტინური იზოლატების კონცენტრატებიდან მიღებულია წყალში ხსნადი და უხსნადი ფორმით სორბენტი Na^+ - პექტატი ;
- შემუშავებულია პექტინური პოლისაქარიდების ბიოგენური მეტალების კათიონებთან პოლიმეტალოკომპლექსების მიღების ტექნოლოგია, დადგენილია პროცესის ოპტიმალური პირობები, ლითონების ზღვრული კონცენტრაციები :
0.009-0.02 გ-ექვ./ლ.;
- დამუშავებულია 100% მარილშემცველობის, სრულად დეეთერიფიცირებული სორბენტის მიღების ტექნოლოგია. მიღებულია მცენარეული ფართო მოქმედების სპექტრის პექტატ - Na^+ სორბენტი მაღალი იონმიმოცვლითი და კომპლექსწარმოქმნის უნარით;
- დადგენილია, რომ d-ლითონების მარილების ზღვრული კონცენტრაცია Na^+ -კათიონების მიმართ უნდა უდრიდეს 25%-ს და ის წარმოადგენს პექტატ-კომპ-

ლექების ხსნადი და უხსნადი ფორმების მიღების ზღვარს. 1–25%-მდე

მიიღება წყალხსნადი ფორმა, 25%-ის ზემოთ წყალში უხსნადი;

- ბიოგენურ d-მეტალებთან-მიკროელემენტებთან (Co^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+}), მიღებულია მეტალოკომპლექსები წყალხსნადი და უხსნადი ფორმით;
- *პექტატ- Na^+* სორბენტი შეიძლება გამოყენებული იყოს, როგორც სისხლის მინერალური შედგენილობის (K^+ , Na^+ , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} და სხვა) მარეგულირებელი და ანემიით დაავადებულთათვის სისხლში ერიტროციტებისა და ჰემოგლობინის გაზრდის საშუალება; ფარმაცევტულ მრეწველობაში: რადიო ნუკლიდების შეწოვის საწინააღმდეგო და მათი დეკორპორაციის კუჭნაწლავის მარეგულირებელი, ორგანიზმიდან მძიმე ლითონების გამომყოფი და სხვა სამკურნალო პრეპარატების დასამზადებლად;
- პექტინის საფუძველზე მიღებული *პექტატ- Na^+* სორბენტით საწარმოო წვენებიდან, ბუნებრივი და გაღვანური წარმოების ჩამდინარე წყლებიდან შესაძლებელია ლითონების გამოყოფა.

ნარჩენების გადამუშავებით და მძიმე ლითონების გამოსაყოფად პექტინისა და პექტატ- Na^+ სორბენტის გამოყენებით, გადაწყდება მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური, ეკონომური და სოციალური პრობლემები.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ი. ბეჟანიძე, თ. ხარებავა. *მონოგრაფია* : „მცენარეული ნედლეული-მაღალხარის-ხოვანი საკვები ბოჭკოების წყარო“. გამომცემლობა „შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“. ბათუმი, 2009, 138გვ.
2. ი.ბეჟანიძე, თ.ხარებავა, ზ.კონცელიძე, ნ.ხარაზი. პექტინი და პექტინური ნივთიერებები. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, თბილისი, №21, 2008, 145–149.
3. ი.ბეჟანიძე, თ.ხარებავა, ზ.კონცელიძე, ნ.ხარაზი. პექტინური ნივთიერებების ფიზიკო-თვისებები. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, თბილისი, №21, 2008, 150–153.
4. ი. ბეჟანიძე, თ. ხარებავა. *მონოგრაფია* : „ულტრაფილტრაცია და ელექტროდიალიზი მრეწველობაში“. . გამომცემლობა „შოთა რუსთაველის სახელმწიფო

უნივერსიტეტი“. ბათუმი, 2009, 153 გვ.

5. I.Bejanidze, N.Bejanidze. INTESTINAL CHELATORS - MEDICINE FOR THE HEALTHY PEOPLE. შავი ზღვის აუზის ქვეყნების სტუდენტ-მედიკოსთა და პროფესორ-მასწავლებელთა შრომათა კრებული. ბათუმი, 2009, 179-182.
6. . I.Bejanidze, N.Bejanidze. PECTIN IS THE NATURAL FOOD FIBER. შავი ზღვის აუზის ქვეყნების სტუდენტ-მედიკოსთა და პროფესორ-მასწავლებელთა შრომათა კრებული. ბათუმი, 2009, 119-123.
7. Бежанидзе И., Аласания Н., Концелидзе Л., Харази Н., Бежанидзе Н. РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ - ИСТОЧНИК ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН. GEORGIAN MEDICAL NEWS. TBILISI NEW YORK, No.6 (171), 2009, 64-66.
8. Бежанидзе И., Аласания Н., Харази Н., Концелидзе Л., Бежанидзе Н. КЛАССИФИКАЦИЯ И СОСТАВ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН. GEORGIAN MEDICAL NEWS. TBILISI NEW YORK, , No.6 (171), 2009, 59-63.
9. Бежанидзе И., Концелидзе З., Харебава Т., Харази Н. Концентрирование пектина растительного сырья методом ультрафильтрации. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, თბილისი, №21, 2008, 154-156.
10. Биодобавки Цитрусовый Пектин. www.vitaline-1.ru
11. Бугаец И.А.Разработка рецептур и оценка потребительских свойств концентратов киселей плодоваяодных функционального назначения. Краснодар – 2008.
12. Васютин А.А. Использование пектина при выпечке хлеба. Российский пектин: история – настоящее – перспективы. Материалы науч.-практ.конф. Воронеж, 2006, с.71-73
13. Гребенкин А. Д. Определение физико-химических показателей пектинодержащих препаратов различного происхождения .Современные тенденции развития агропромышленного комплекса. Материалы междунар. науч.-практ. конф. (31 января – 3 февраля 2006 г.).Персиановский, 2006, С.126-127
14. Гребенкин А. Д.Определение физико-химических показателей пектинсодержащих препаратов различного происхождения. Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Современные тенденции развития агропромышленного комплекса»Персиановский, 2006, 126-127.
15. Иммуномодулирующее действие пищевых волокон и пребиотиков.
<http://www.medafarm.ru>

16. Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Шубина О.Г., Духу Т.А., Левачева М.А. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон. Пищевая промышленность, 2004, № 1.
17. Кузнецова Е.А. Исследование свойств пектина, выделенного из различных видов растительного сырья. Российский пектин: история – настоящее – перспективы. Материалы науч.-практ. конф. (1-3 ноября 2006 г.). Воронеж, 2006, 8-10.
18. Лосева В.А. Изучение влияния рН и способа подготовки экстрагента на свойства пищевых волокон свекловичного жома. Ж., Хранение и переработка сельхозсырья. 2002. № 8, 12-15.
19. Донченко Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов. М, Изд. ДеЛи, 2000, 255.
20. Потиевский Э.Г. Пектин как бактерицидное средство. ОГМА. Сб. трудов, 2008г.
21. 31. Ардатская М.Д. Метаболические эффекты пищевых волокон. Труды кафедры гастроэнтерологии УНЦ МЦ УДП РФ, 2004.
22. Лосева В.А. Изучение влияния рН и способа подготовки экстрагента на свойства пищевых волокон свекловичного жома. Ж., Хранение и переработка сельхозсырья. 2002. № 8, 12-15.
23. Колесников В.А. Осветление свекловичного волокна: производство и применение. Ж., Хранение и переработка сельхозсырья. 2002. № 10, 5-8.
24. Ипатова Л.Г. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон. Ж., Пищевая промышленность, № 1, 2004.
25. Гребенкин А. Д. Определение физико-химических показателей пектинсодержащих препаратов различного происхождения. Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Современные тенденции развития агропромышленного комплекса». Персиановский, 2006, 126-127.
26. Демина Н.В., Донченко Л.В., Ковалева С.Е. Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки. Научный журнал КубГАУ, Краснодар, 21, 2006.
27. Кузнецова Е.А. Исследование свойств пектина, выделенного из различных видов растительного сырья. Российский пектин: история – настоящее – перспективы. Материалы науч.-практ. конф. (1-3 ноября 2006 г.). Воронеж, 2006, 8-10.
28. Кузнецова Е. А. Выделение пектина с использованием целлюлолитических ферментов. Российский пектин: история – настоящее – перспективы. Материалы науч.-практ. конф. (1-3

ноября 2006 г.). Воронеж, 2006, 33-36.

29. Кузнецова Е. А. ИК - спектроскопическое исследование взаимодействия десикантов с гидратированными молекулами пектина. Сорбционные и хроматографические процессы. Т. 7,6,2007, 968-974.

30. Кузнецова Е. А. Ультрафильтрационное концентрирование и очистка экстрактов подсолнечного пектина. Сорбционные и хроматографические процессы, Т. 7, вып. 6, 2007, 964-967.

31. Новосельская И.Л., Воропаева Н.Л., Семенова Л.Н. Пектин. Тенденции научных и прикладных исследований .Ж.,Химия природн. соедин., №1, 2000, 3-11.

32. Фирсов Г.Г. Разработка технологии различных типов свекловичного пектина с высокими качественными показателями. Автореф. дисс. канд. техн. Наук. Краснодар, 2004. 24 стр.

33. Ипатова Л.Г. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон . Пищевая промышленность, № 1, 2004.

34. Могильный М.П. Пищевые и биологически активные вещества в питании. 2007

35. Сарафанова Л. А. Применение пищевых добавок в индустрии напитков. 2006

36. Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок в кондитерской промышленности. 2005

37. Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок Технические рекомендации. 2006.

38. Сушкова В.И., Воробьева Г.И. Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества. 2008

39. Пилат Т.Л., Иванов А.А. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение). 2002

40. Шавров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи .2003.

41. Кислухина О.В. Витаминные комплексы из растительного сырья. 2004

42. Н.А. Платэ. Мембранные технологии – авангардное направление науки и техники XXI века. [http:// www. chem.net.ru/rus/journals/membranes/](http://www.chem.net.ru/rus/journals/membranes/).

43. В.И. Заболоцкий, Н.П. Березина, В.В. Никоненко, В.А. Шапошник, А.А. Цхай. Развитие электродиализа в России. [http:// www. chem. msu. su/rus/journals/membranes/](http://www.chem.msu.su/rus/journals/membranes/).

44. . Никитин А.Т. Тяжелые металлы и их удаление из стоков, почв.»Экология, охрана природы, экологическая безопасность». М.: изд-во МИНЭПУ, 2000 ,– 648 с.

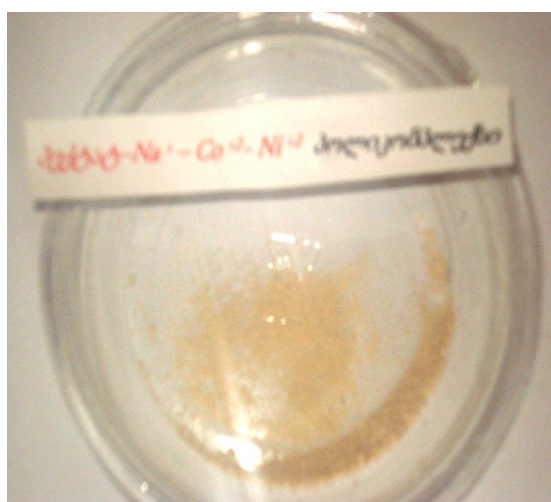
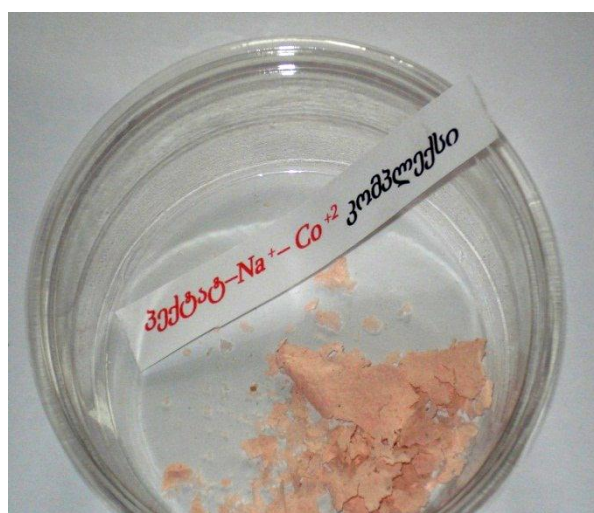
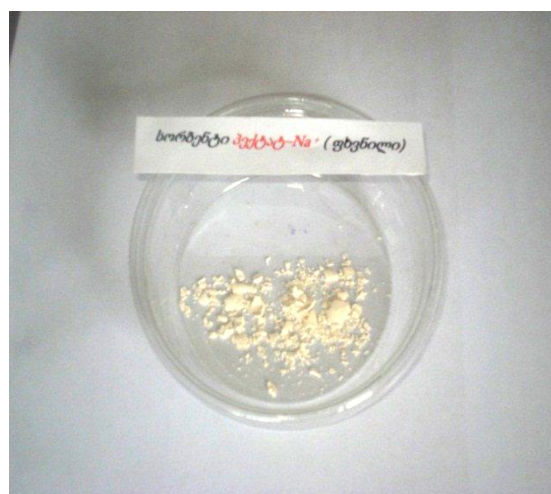
45. Удаление ионов тяжелых металлов из разбавленных промышленных растворов с помощью ионообменной смолы и электродиализа. Removal of heavy metal ions from

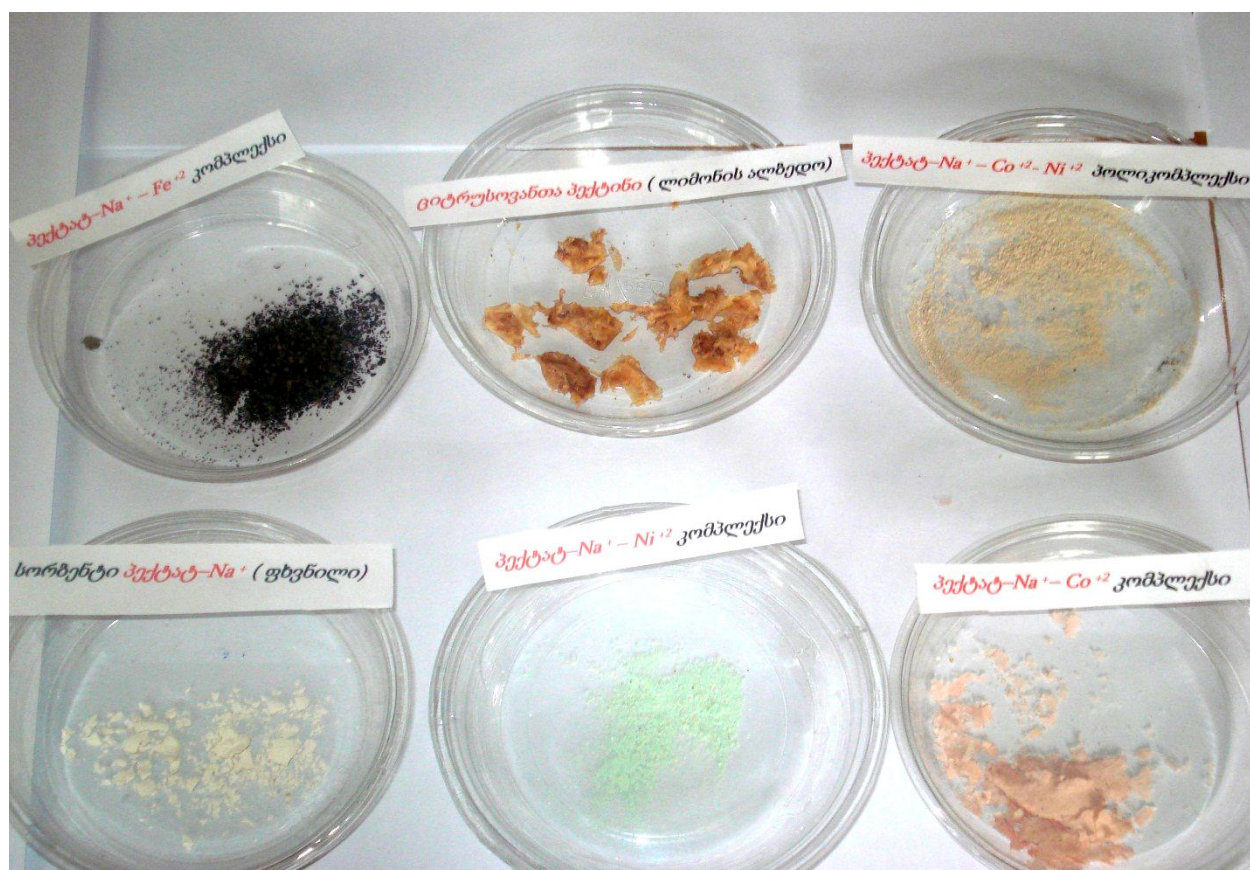
dilute process solutions by ion-exchange resin assisted electrodialysis. Spoor Peter B., Janssen L.J. Electrochemistry at the Turn of the Millennium; 51 st Annu. ISE Meet; Warsaw, 3-8 Sept; 2000.- с. 589. Англ.

46. Кашакашвили Г.В., Сванидзе З.С.б, Микадзе О.Ш., Гогичаишвили Б.Г. Загрязнение металлургическими и горнообогательными предприятиями природных вод и способы их очистки. Тез. IV международного симпозиума «Экология человека и медико-биологическая безопасность населения». 2-10 ноября. 2008 г. Испания. Бенидорм. с. 60-62.
47. Nakajima Mistutoshi. Применение мембранной технологии в пищевой промышленности. Kogaku – chem. Eng. , Jap. 2000. 64, №

ඉ ට ඩ ට ඊ ට ට

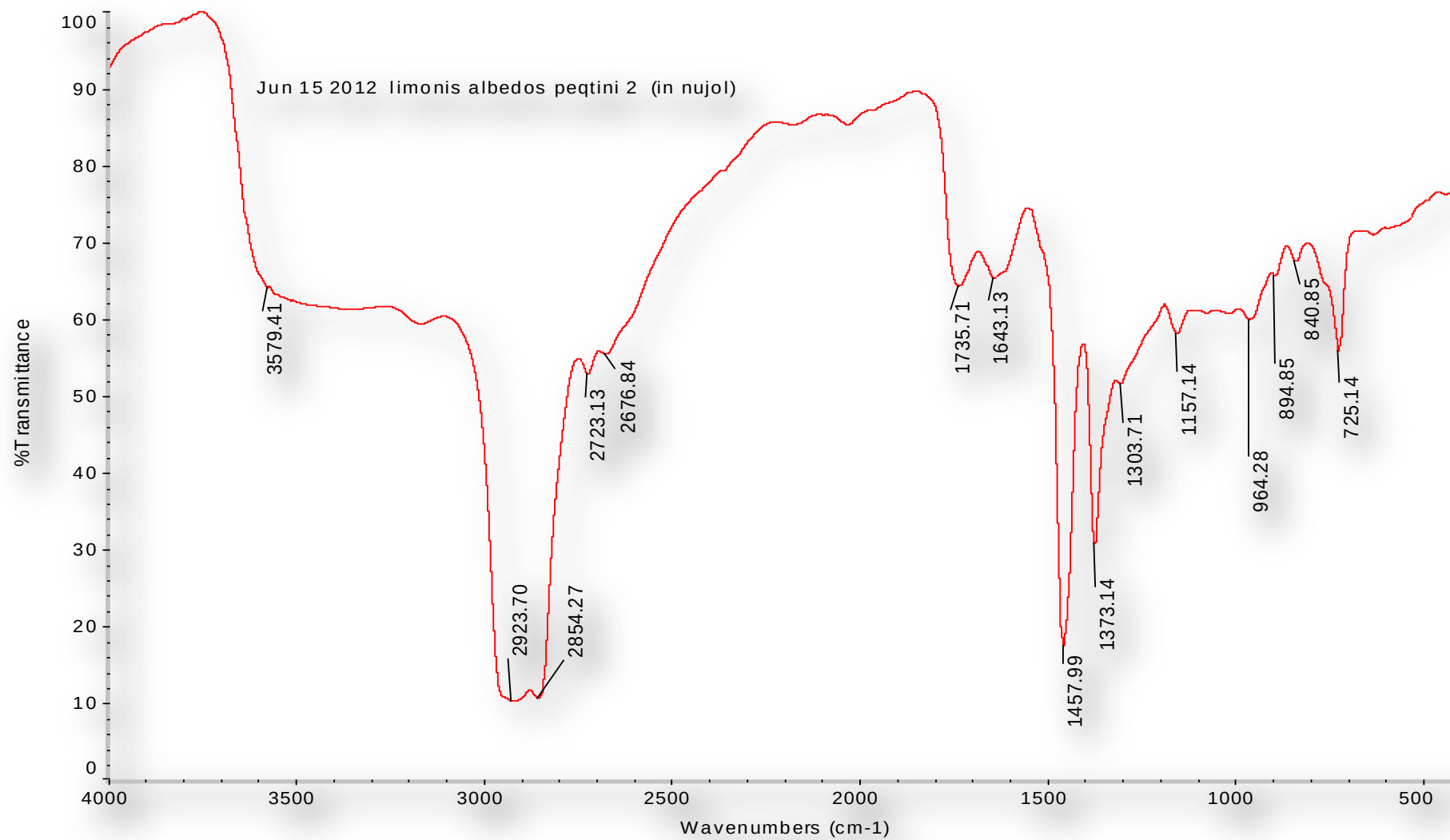
დანართი 1 : მიღებული სორბენტისა და მეტალკომპლექსის ნიმუშები



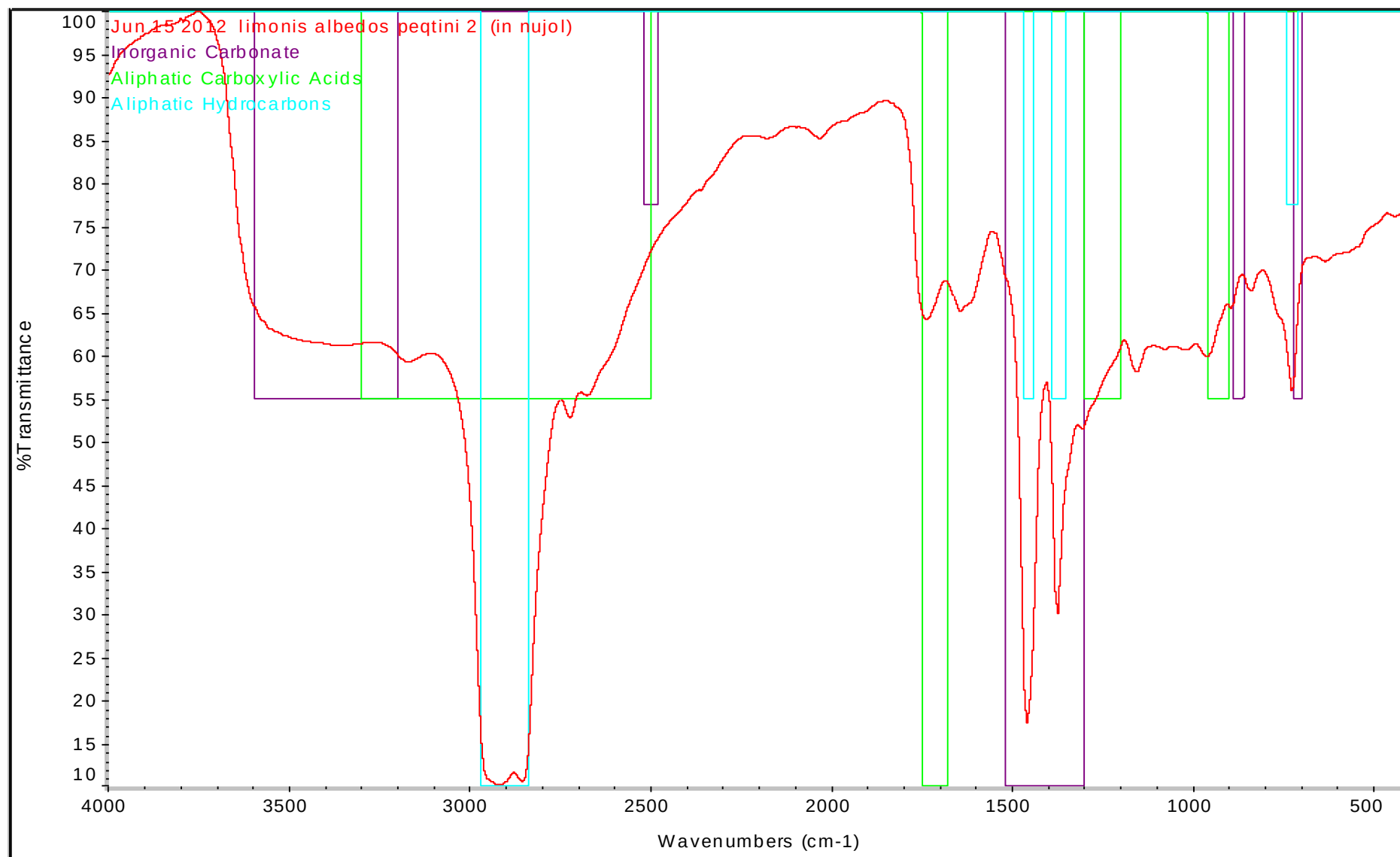




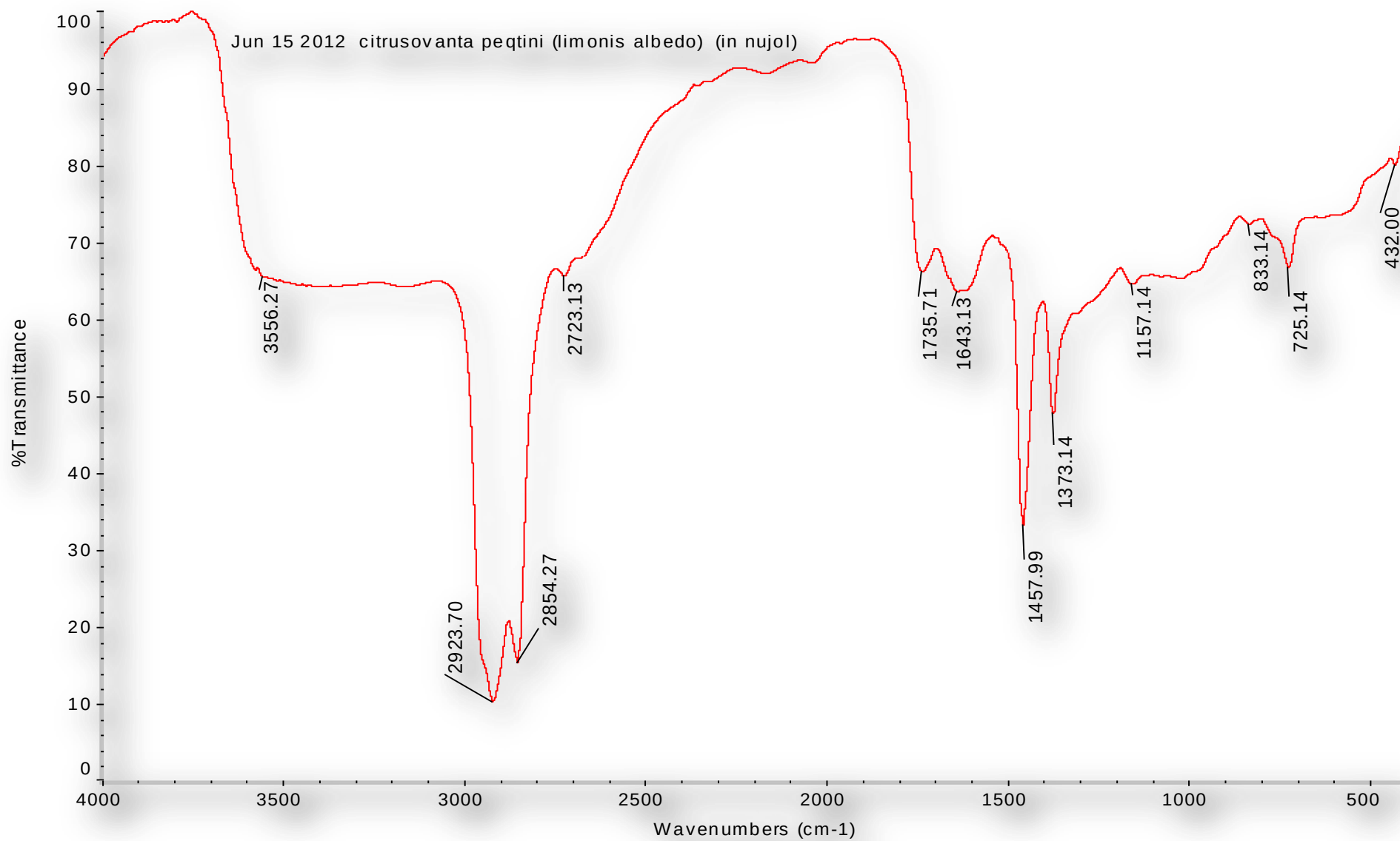
დანართი 2 : მიღებული სორბენტების IR - სპექტრები



ლიმონის ალბედოდან მიღებული პექტინის IR - სპექტრი



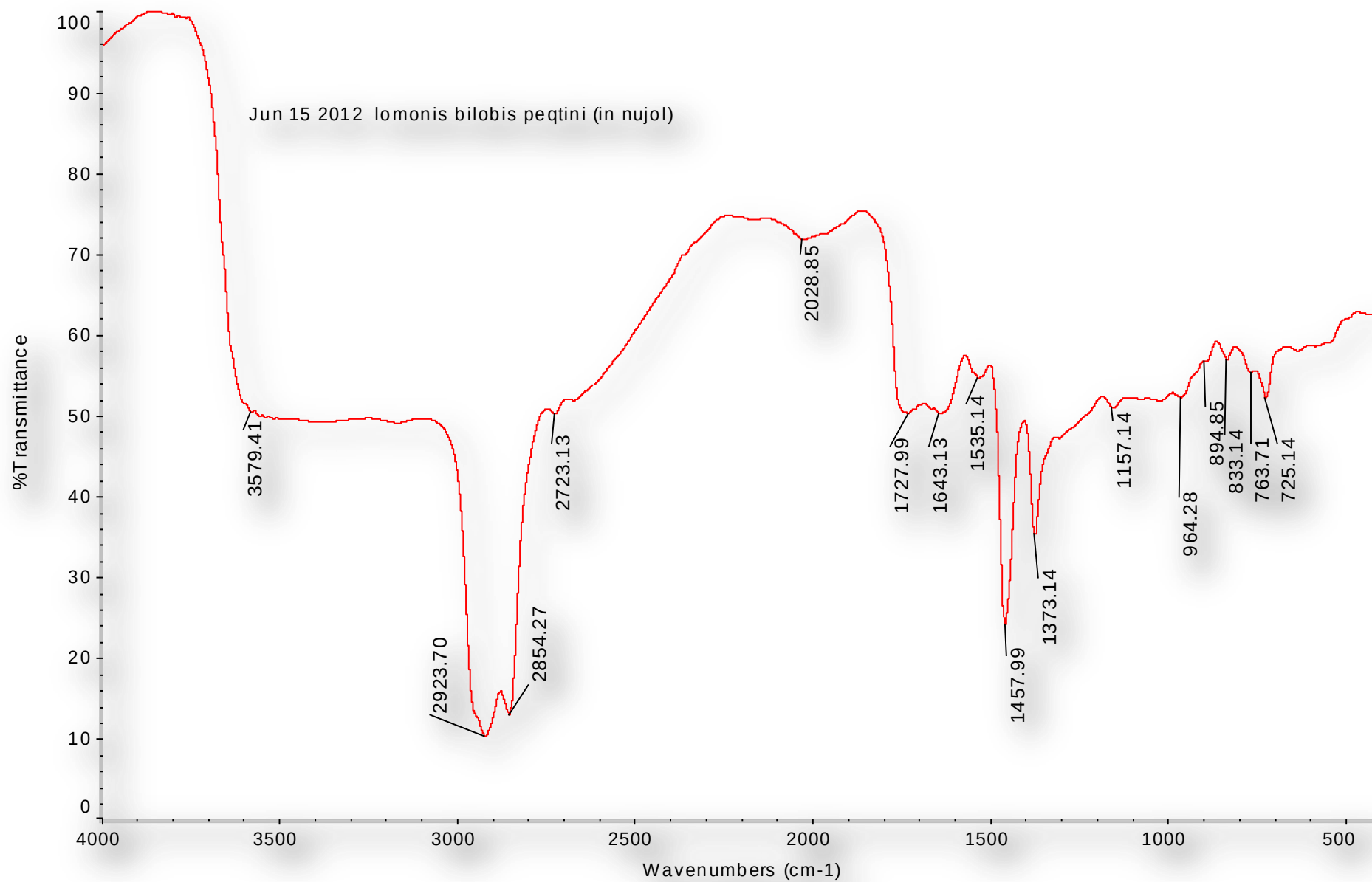
ლიმონის ალბედოდან მიღებული პექტინის IR - სპექტროგრამა, ნიმუშის შედგენილობის მითითებით.



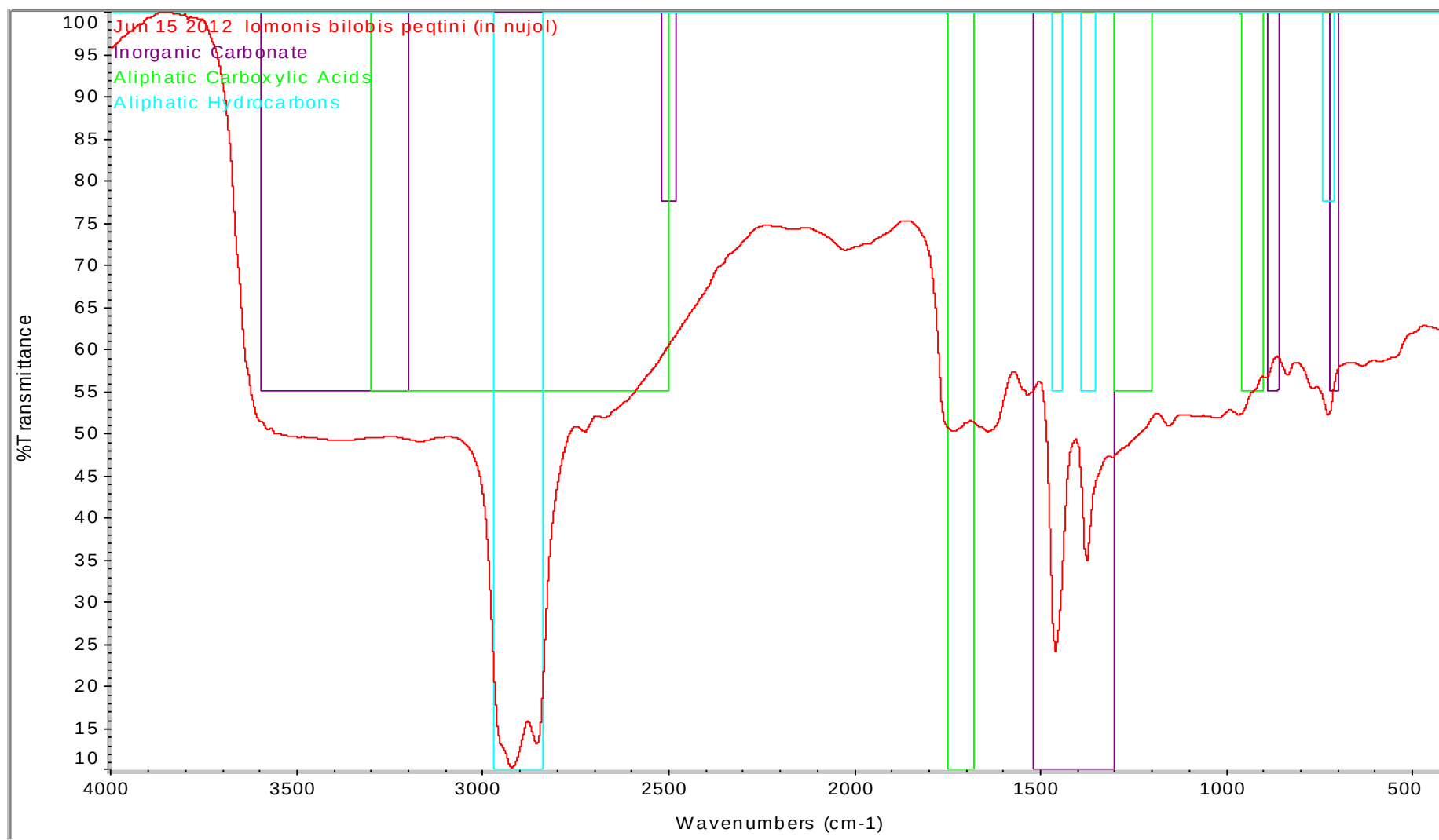
ლიმონის რბილობიდან მიღებული პექტინის IR - სპექტრი



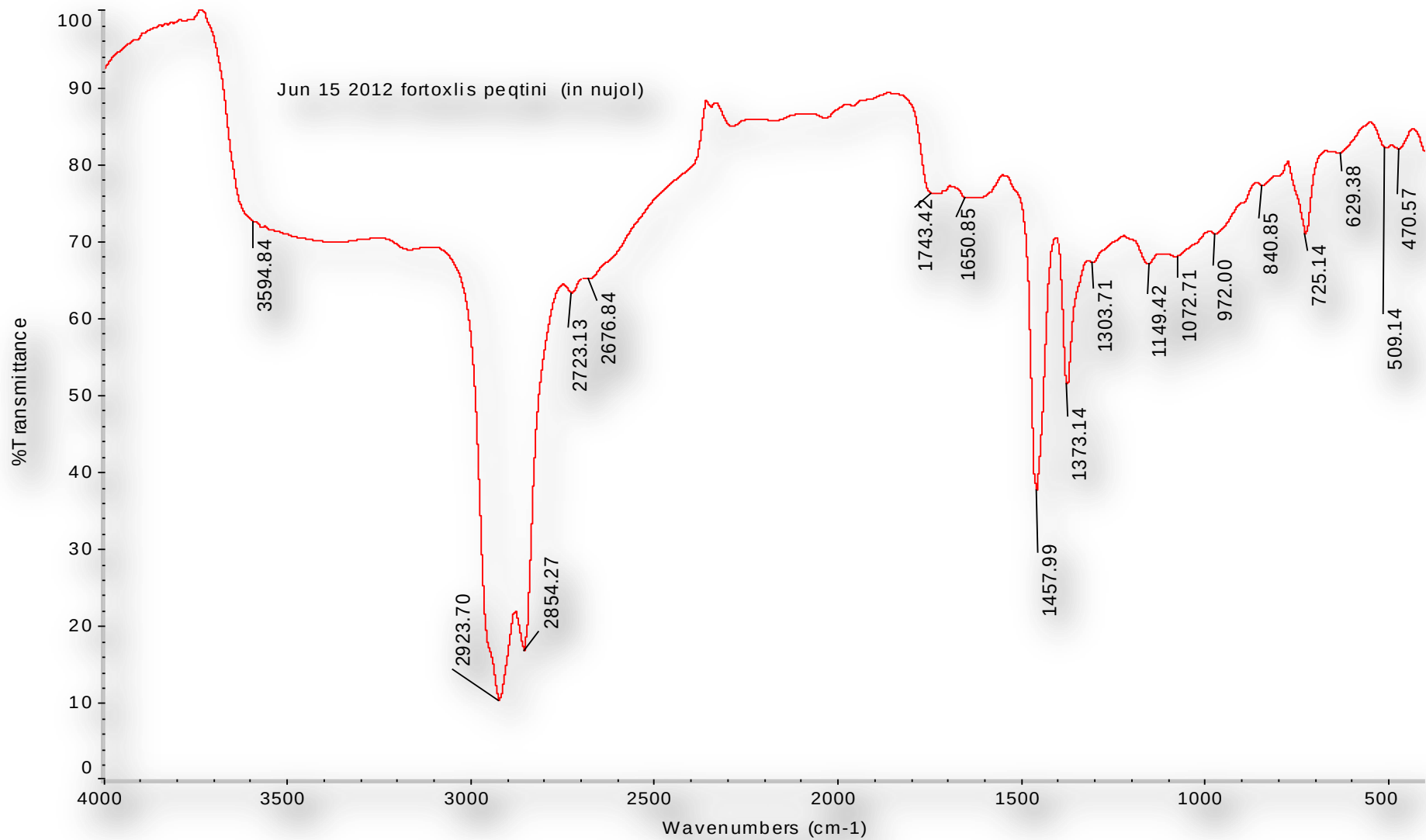
ლიმონის ალბედოდან მიღებული პექტინის IR - სპექტროგრამა, ნიმუშის შედგენილობის მითითებით.



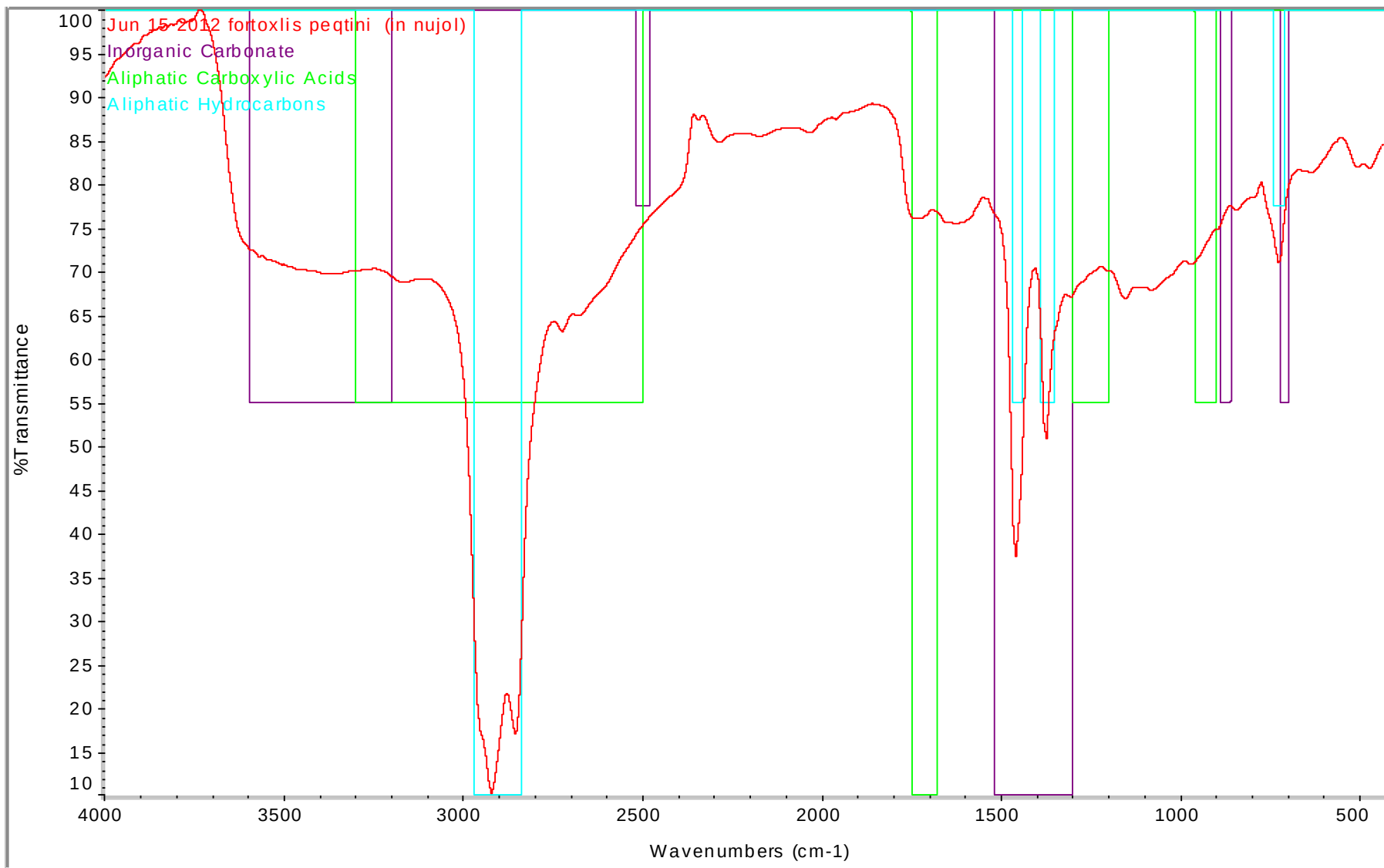
ლომონის რბილობიდან მიღებული პექტინის IR - სპექტრი



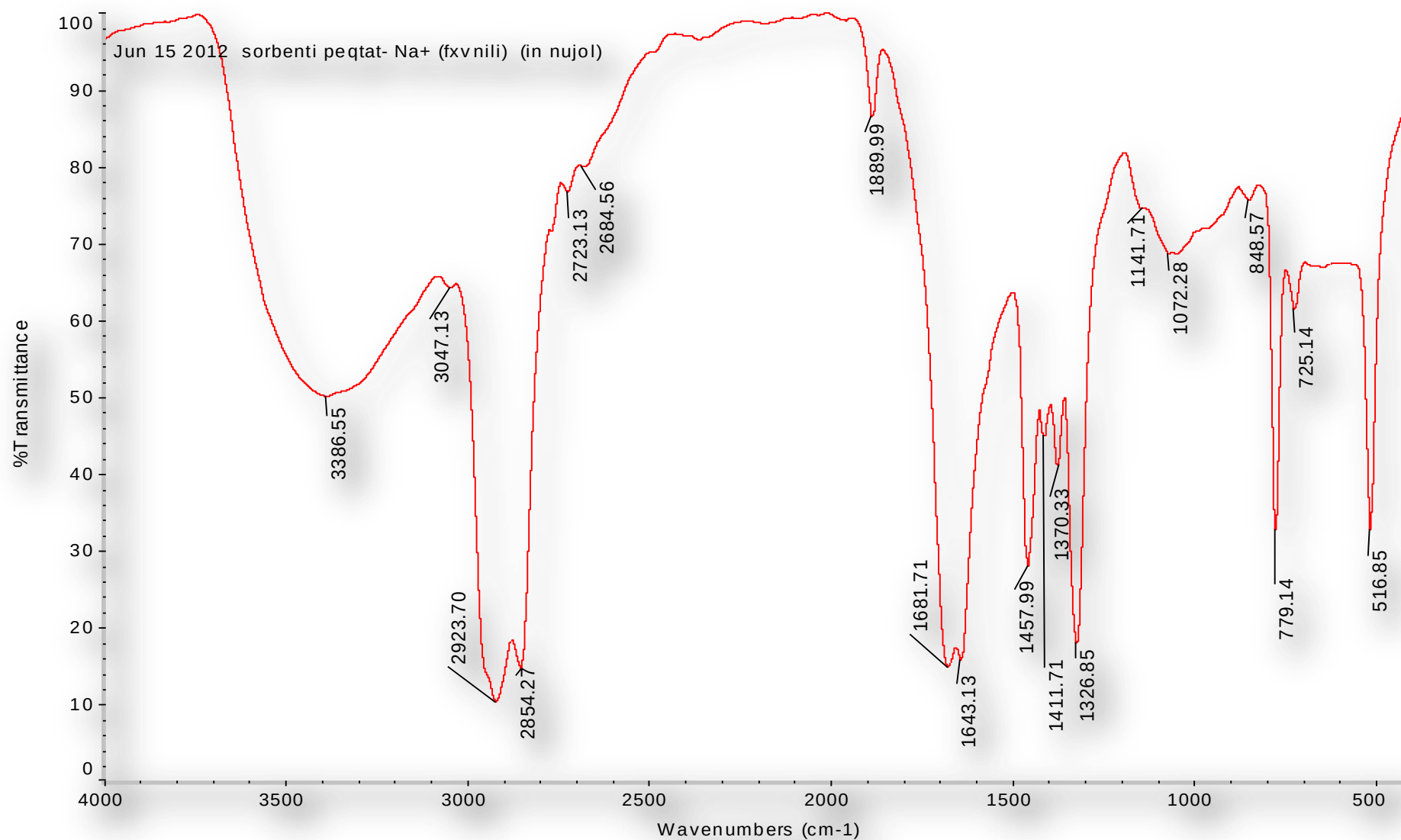
ლიმონის რბილობიდან მიღებული პექტინის IR - სპექტროგრამა, ნიმუშის შედგენილობის მითითებით.



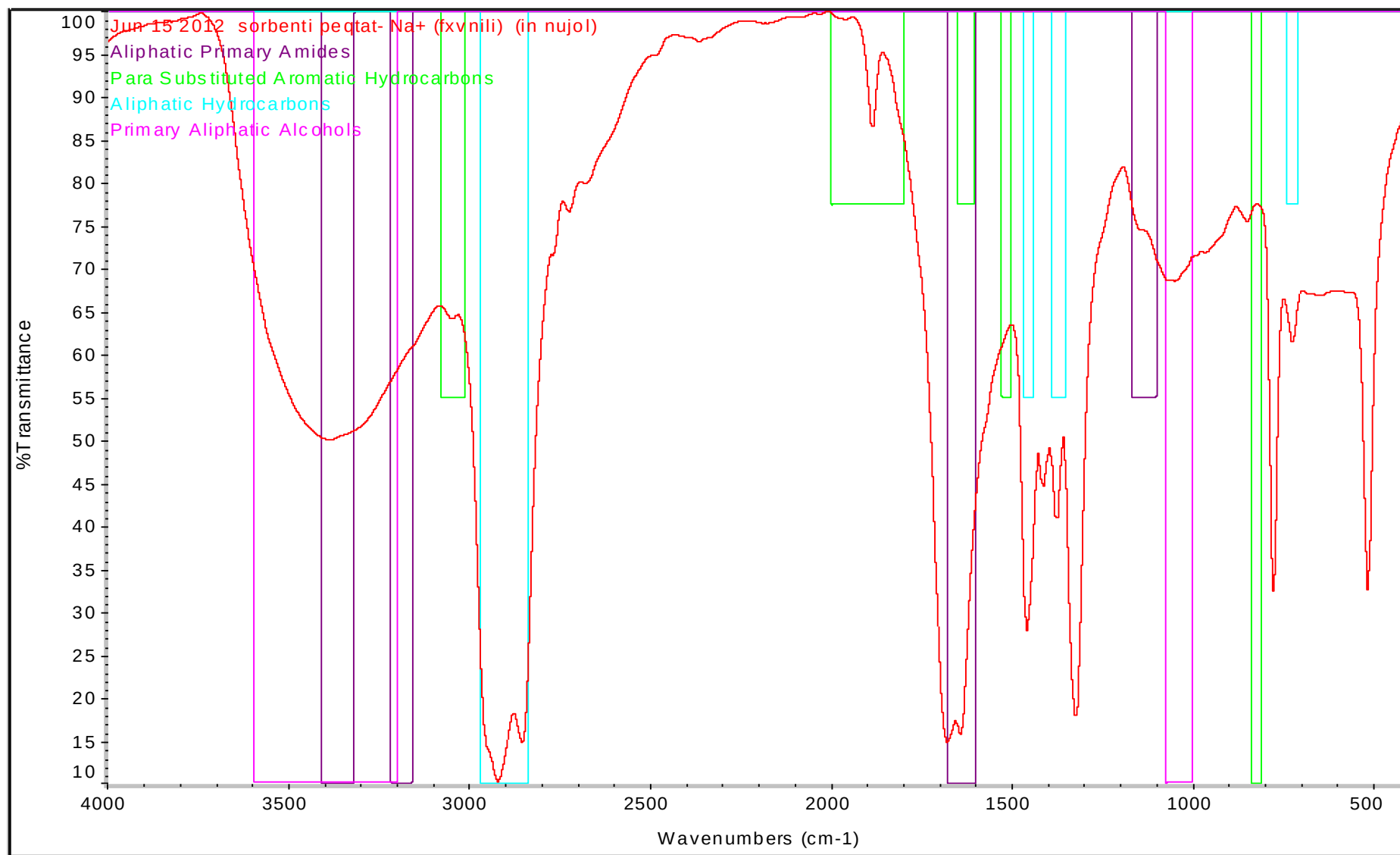
ფორთოხლის ალბედოდან მიღებული პექტინის IR - სპექტრი



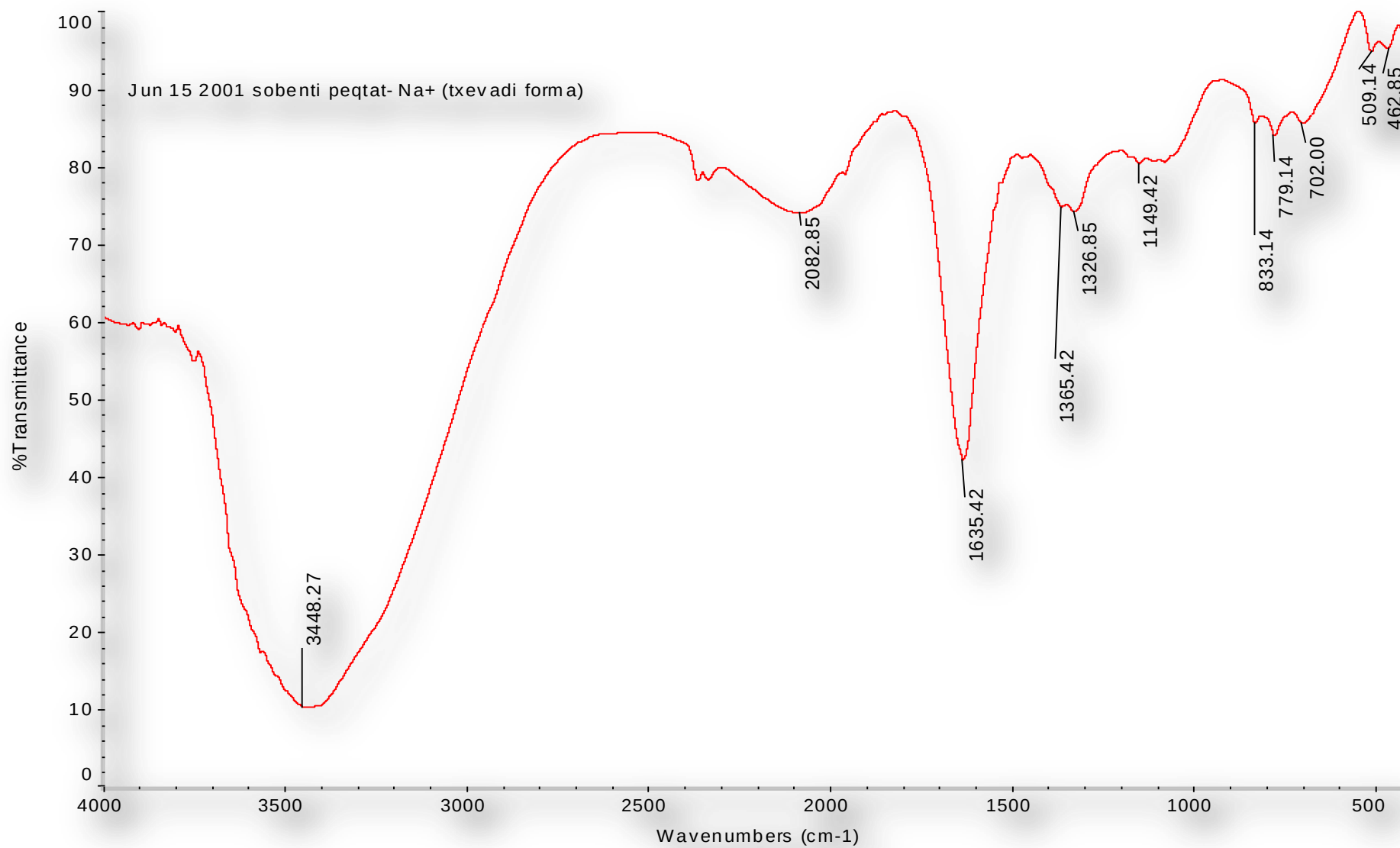
ფორთოხლის ალბედოდან მიღებული პექტინის IR - სპექტროგრამა, ნიმუშის შედგენილობის მითითებით.



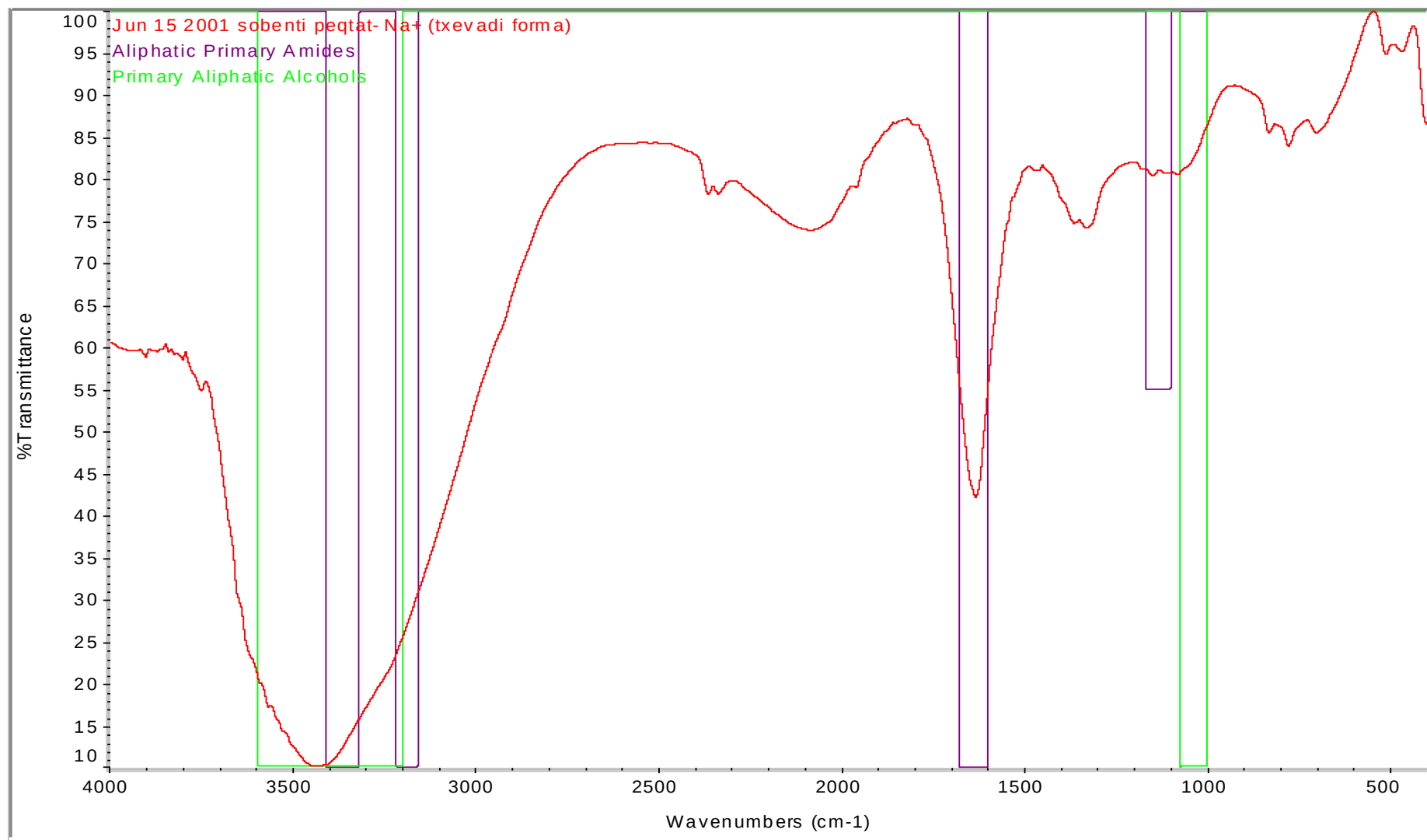
პექტათ Na⁺ მყარი სორბენტის (ფხვნილი) IR - სპექტრი.



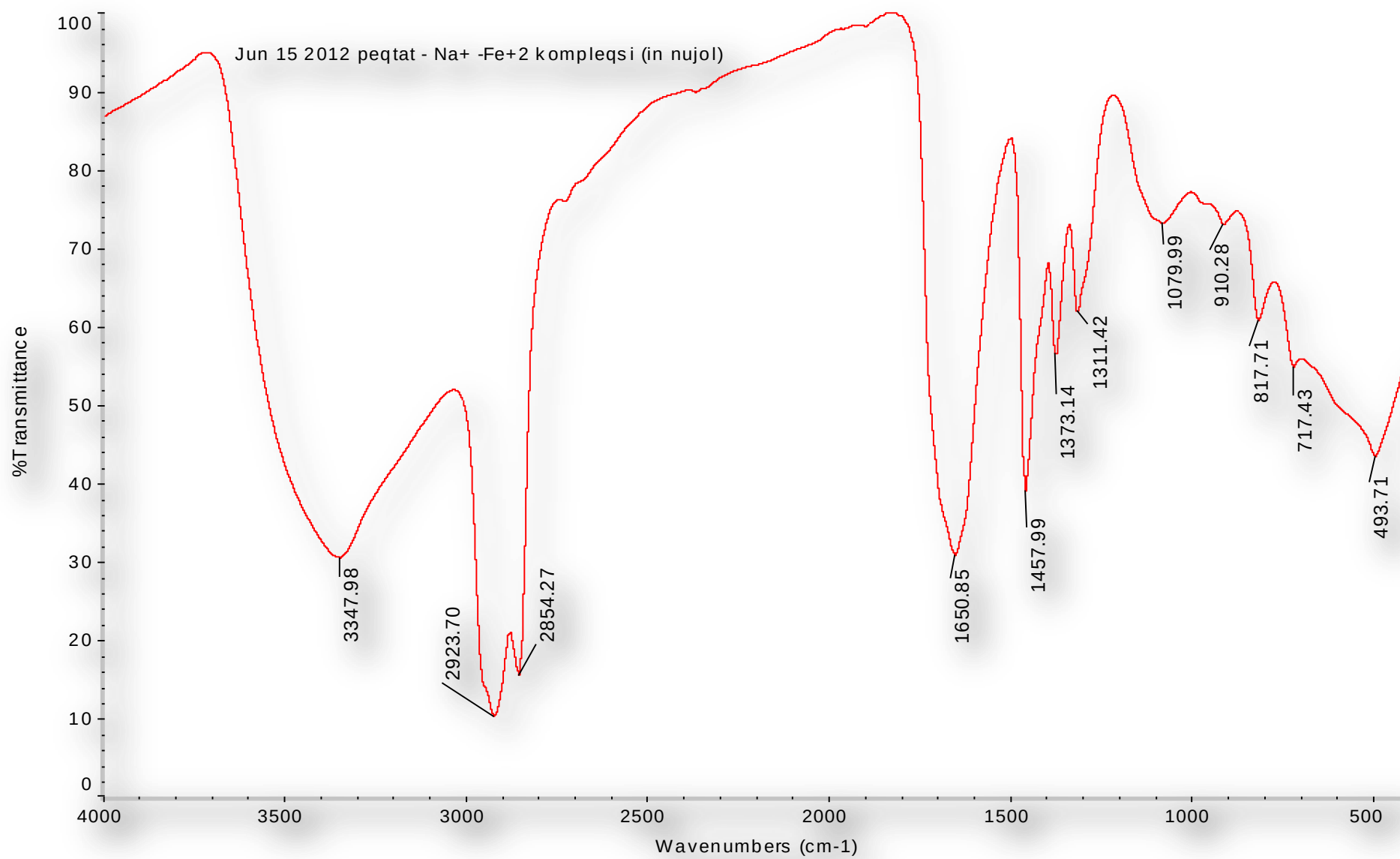
პექტატ Na^+ მყარი სორბენტის (ფხვნილი) შედგენილობა IK - სპექტროგრამის მიხედვით



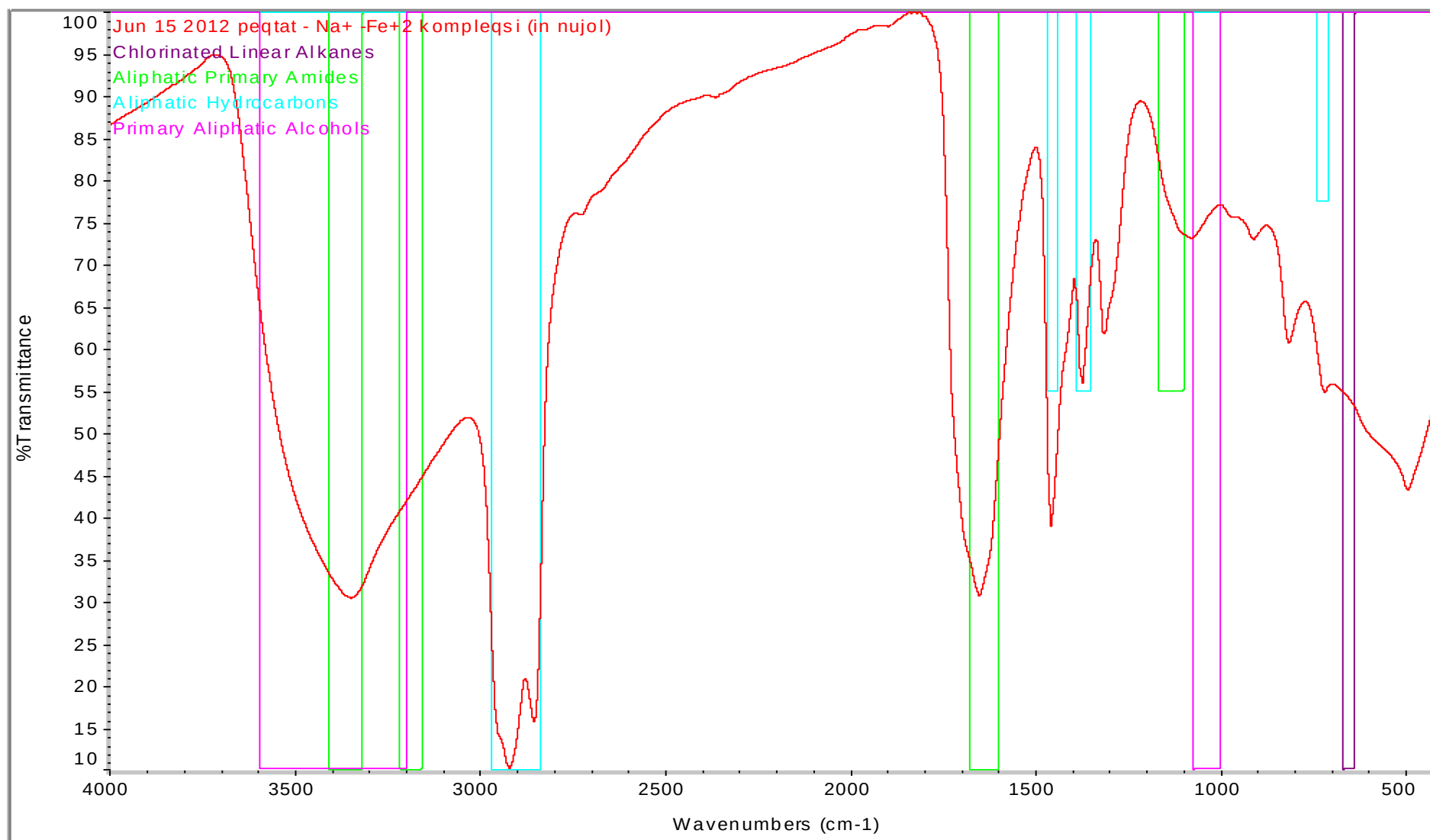
პექტათ Na⁺ თხევადი სორბენტის IR - სპექტრი



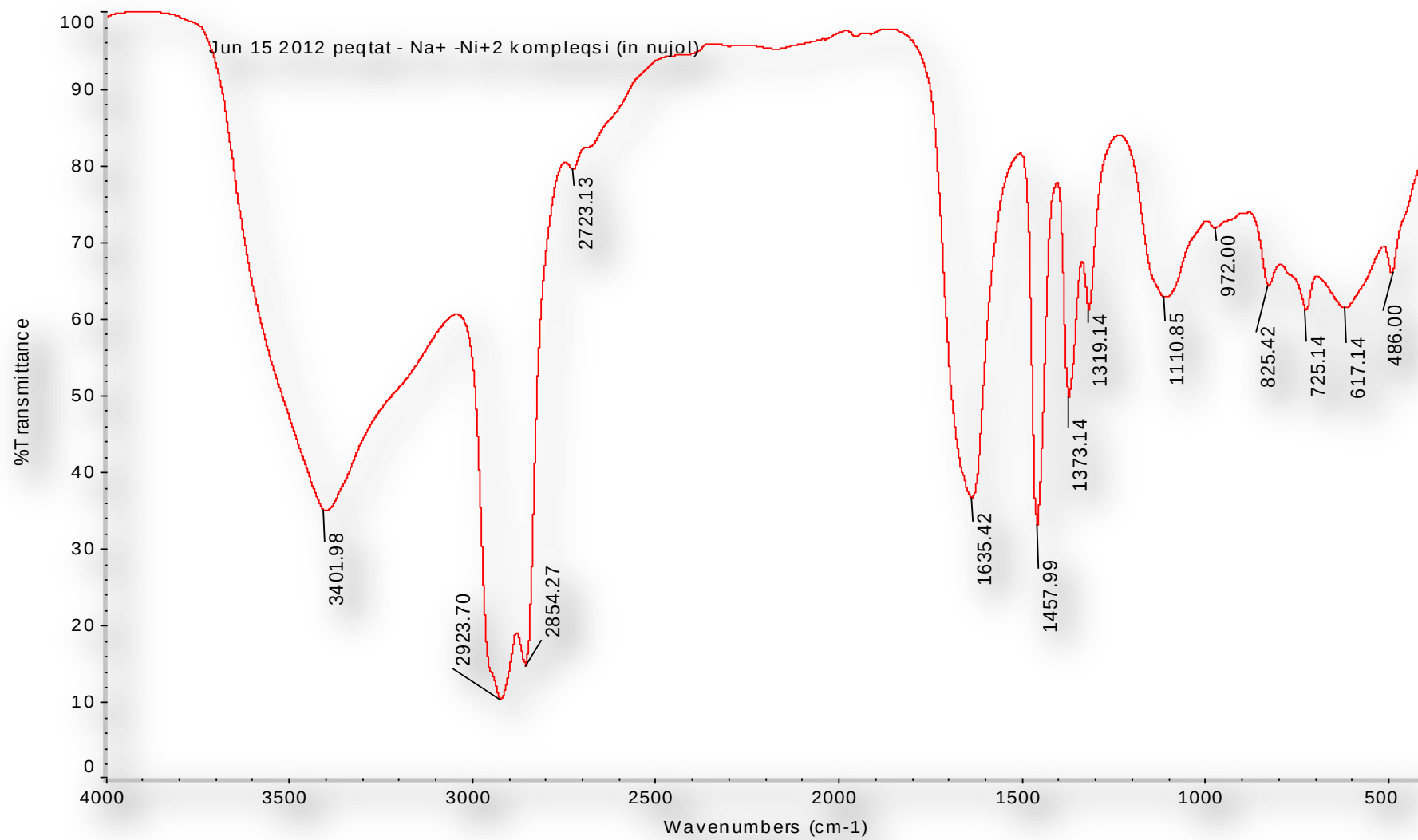
პექტათ Na⁺ თხევადი სორბენტის შედგენილობა IR - სპექტროგრამის მიხედვით



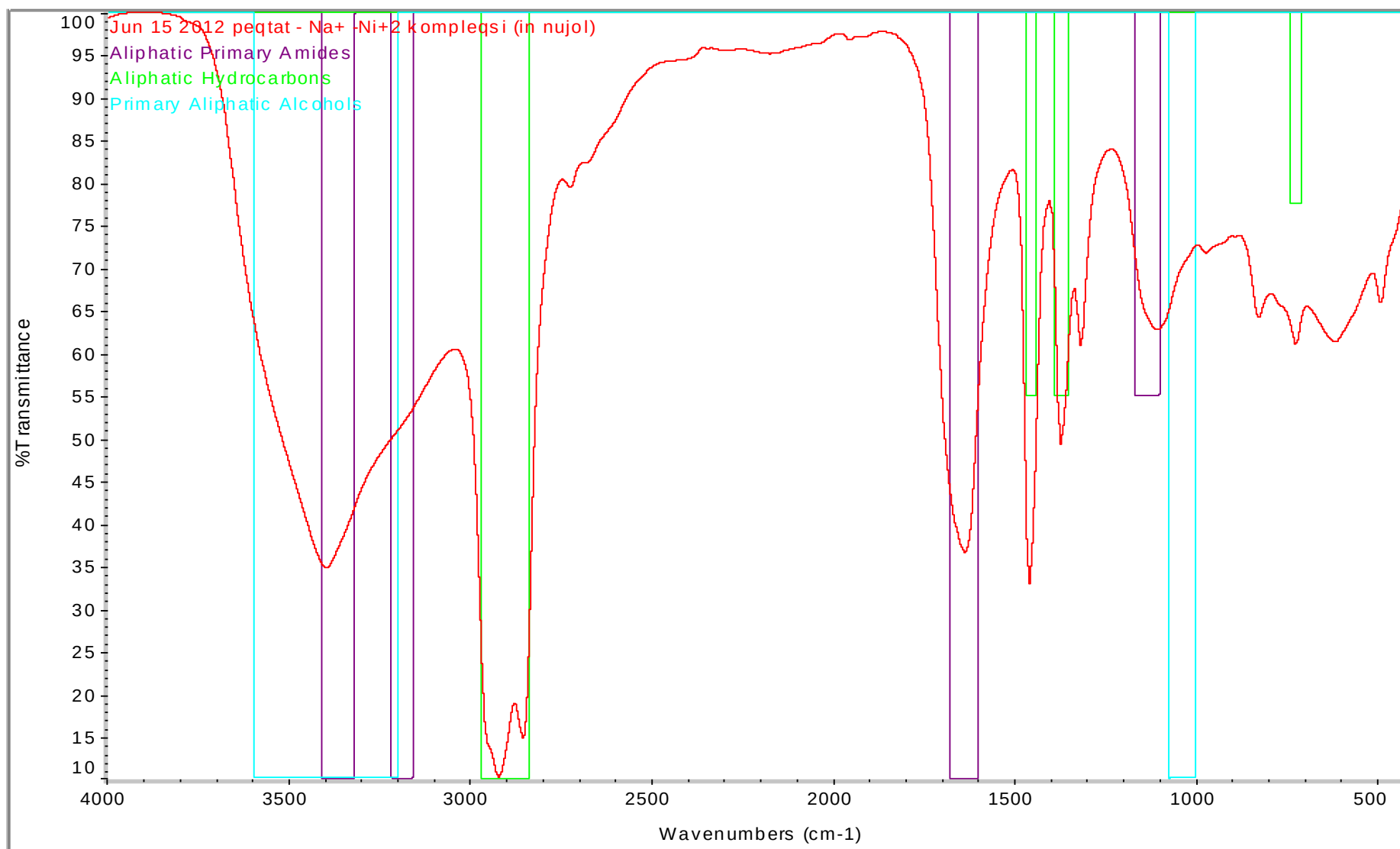
პექტათ Na⁺ - Fe²⁺ კომპლექსის IR - სპექტრი



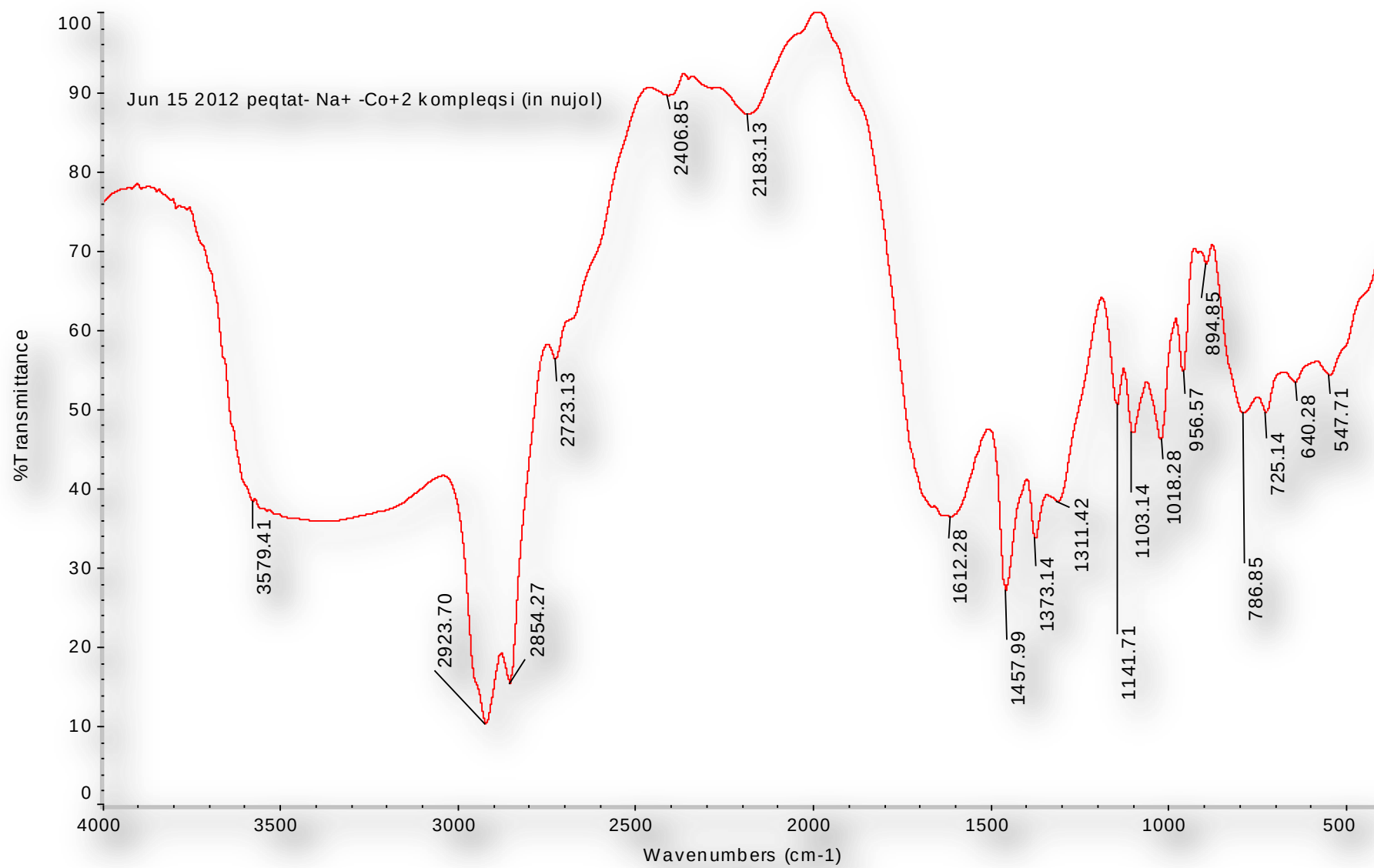
პექტათ Na^+ - Fe^{+2} კომპლექსის შედგენილობა IK - სპექტროგრამის მიხედვით



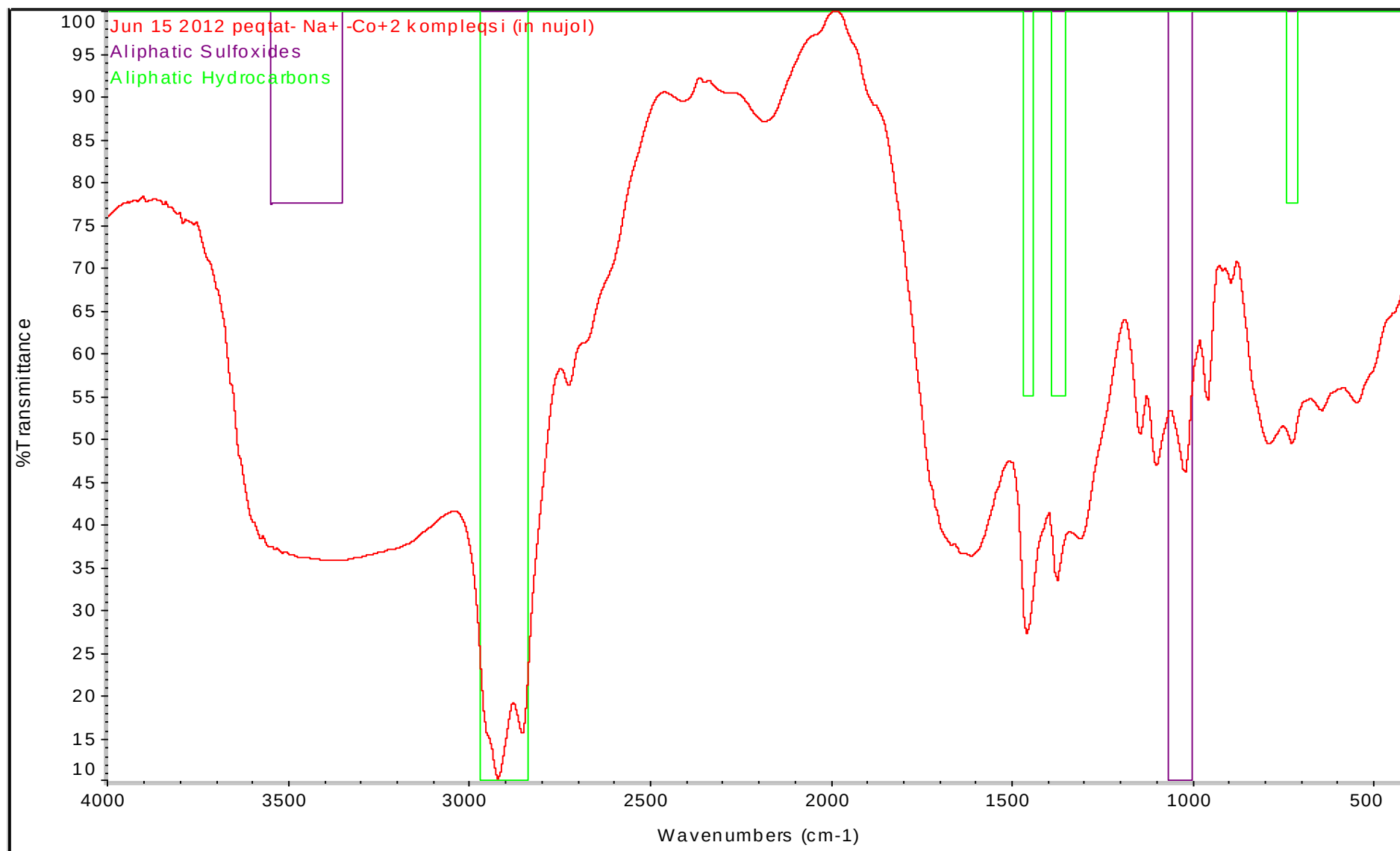
პექტათ Na^+ - Ni^{2+} კომპლექსის IR - სპექტრი



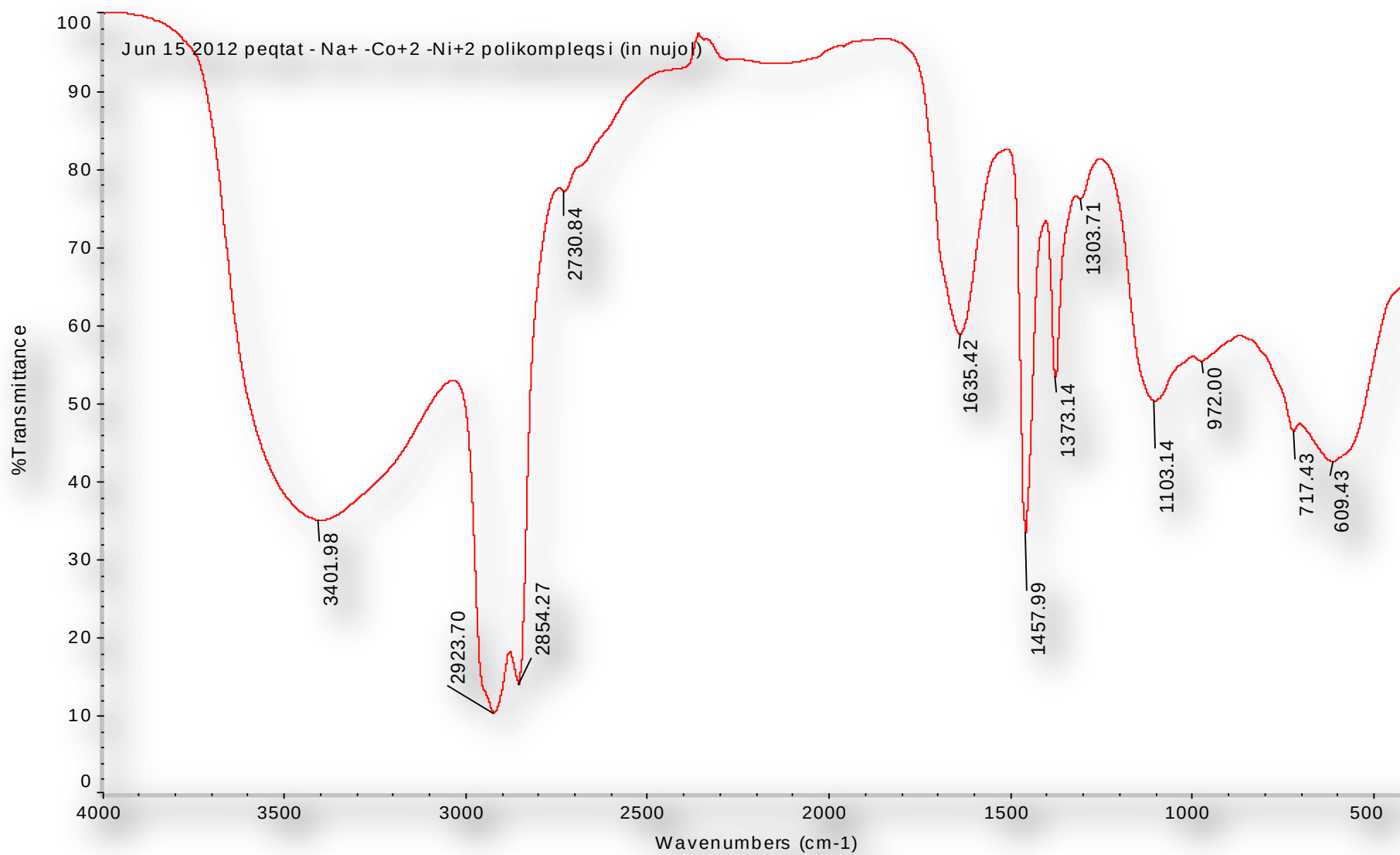
პექტათ Na^+ - Ni^{+2} კომპლექსის შედგენილობა IK - სპექტროგრამის მიხედვით



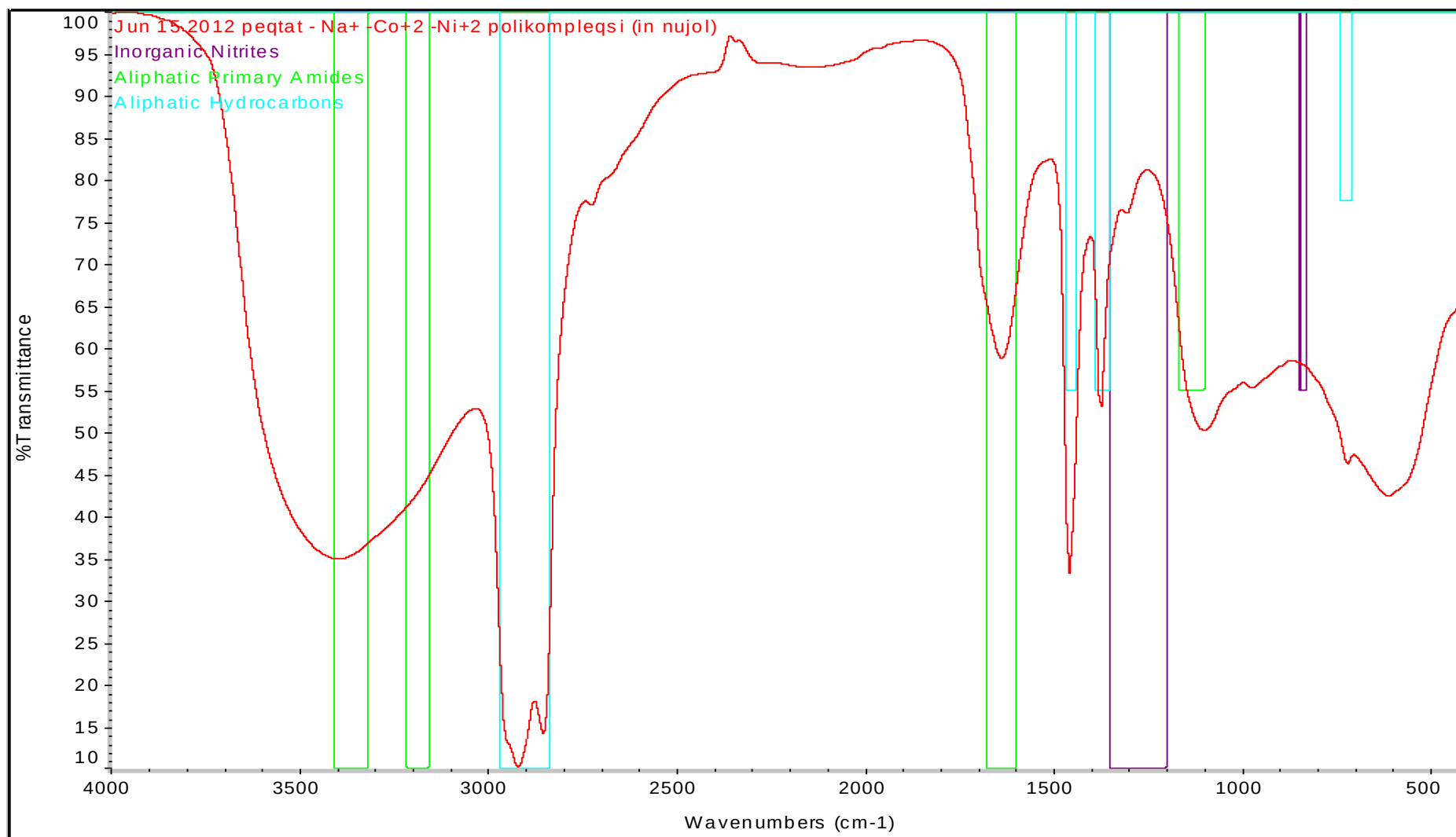
პექტათ Na⁺ - Co²⁺ კომპლექსის IR - სპექტრი.



პექტათ Na^+ - Co^{2+} კომპლექსის შედგენილობა IK - სპექტროგრამის მიხედვით



პექტათ Na⁺ - Co⁺² - Ni⁺² პოლიკომპლექსის IR - სპექტრი.



პექტათ Na^+ - Co^{+2} - Ni^{+2} პოლიკომპლექსის შედგენილობა IK - სპექტროგრამის მიხედვით

ნატურალური საკვები ბოჭკოების მიღება ნაყოფი პამელას გადამუშავების ნარჩენებიდან

შესავალი

პომელო, პომპელიუსი ანუ შედოკი ციტრუსოვანთა ოჯახის მცენარეა, ციტრუსოვანთა შორის მას აქვს ყველაზე დიდი ნაყოფი (ნაყოფის მასა მერყეობს 0,6.-10კგ. ფარგლებში), ცნობილია როგორც გრეიფრუტის წინამორბედი, რბილობს აქვს ძალიან სასიამოვნო და უნიკალურია ბანანის მსგავსი სუნი, მაღალი კვებითი უნარი: შეიცავს ცხიმებს, ცილებს, ნახშირწყლებს, უჯრედის, ეთერზეთებსა და ორგანულ მჟავებს, ორგანიზმისთვის სასარგებლო მინერალურ ნივთიერებებს (Ca, P, Mg, Fe, Zn) და ვიტამინებს (C, A, PP, B9, B6, B5, B2, B1). პომელო მდიდარია ბიოფლავონოიდებით (ვიტამინი P) და გამოიყენება, როგორც კუჭნაწლავის ტრაქტის მარეგულირებელი საშუალება; ნაყოფის დაქუცმაცებული ფლავედო გამოიყენება ჩაის დანამატის სახით; დიეტური ხილია და მას იყენებენ წონის დაქვეითების საშუალებად; თესლების ექსტრაქტი გამოიყენება კანის და ლორწოვანი გარსის ინფექციური დაავადებების სამკურნალოდ. პომელო ბუნებრივი ანტიბიოტიკია.

მიუხედავად იმისა, რომ პომელოს ნაყოფი მდიდარია პექტინით, მას არ იყენებენ პექტინის მისაღებად. კანი გადაიყრება, ღებება და ირღვევა ეკოლოგიური წონასწორობა ბუნებაში, მეორეს მხრივ გადაყრა არაეკონომიურია, რადგან პექტინის ღირებულება იზრდება, კანის გადამუშავებით კი საწარმოო მიიღება დამატებით შემოსავალს. პომელოს კანიდან პექტინის აღდგენა დამოკიდებულია ნედლეულზე და იმაზე, რა ფუნქციური თვისებები უნდა ჰქონდეს მისაღებ პექტინს. აღმოჩნდა, რომ დიდი გავლენა აქვს პექტინის გამოყოფის გარემოს pH-ის მნიშვნელობას და პექტინში შემავალი არაბინოზასა და გალაქტოზას განლაგებას. გარდა ამისა, აღსანიშნავია, რომ პომელოს პექტინის ნეიტრალური პოლისაქარიდული ჯაჭვები ძირითადად შედგება გალაქტოზის ნაცვლად არაბინოზისაგან, რომელიც, როგორც წესი, ციტრუსისა და ვაშლის პექტინის ძირითად ნეიტრალურ შაქარს წარმოადგენს. გარდა pH- ისა, დიდ გავლენას პექტინის გამოყოფასა და მოლეკულურ მასაზე ავლენს ტემპერატურა.

მონაცემები პექტინის გამოყოფაზე პომელოს ნაყოფიდან ძალიან მცირეა და გაზნეული, ამიტონ პრაქტიკულ და მეცნიერულ იმტერესს წარმოადგენდა ნატურალური საკვები ბოჭკოების მიღება ნაყოფი პამელას გადამუშავების ნარჩენებიდან.

1. პომელოს მორფოლოგიური დახასიათება, სახეობანი და ქიმიური

შემადგენლობა

პომელო - ყველაზე დიდი ციტრუსოვანთა ნაყოფია, ცნობილი როგორც გრეიფრუტის წინამორბედი. პომელო გაშენებულია : სამხრეთჩინეთი, ტაივანი, ტაილანდი ინდონეზია, იაპონიასა და იზრაელში. პომელო, დასახელების იშვიათი ვარიანტი - პომპელიუსი ან შედოკი, ციტრუსოვანთა ოჯახის მცენარეა. წარმოშვებით ჩინეთიდან არის და ევროპაში შემოტანილი იყო 14 საუკუნეში. მცირე რაოდენობით გავრცელებულია აშშ-ში [5,6]

ესრაელში პამპელმუსის (*C. maxima*) და გრეიფრუტის (*C. paradisi*) შეჯვარებით გამოყვანილია პომელოს ძირითადი ჯიშები *Rovral* და *Rosa Pomelos*. მსოფლიო ბაზარზე აგრეთვე წარმოდგენილია *Goliath*, *Chandler*, *Red Shaddock* და სხვა [10,11].

პომელოს ყველაზე გავრცელებული ჯიშებია:

- *Thongdi* - მრგვალი ფორმის ნაყოფი, მუქი მწვანე კანით და ვარდისფერი ტკბილი რბილობით;
- *Khao horn* - მსხლის ფორმის მოყვითალო - წითელი კანის ნაყოფი, თეთრი და ტკბილი რბილობით ;
- *Khao phuang* - მსხლის ფორმის ნაყოფი, ღია მწვანე კანით და ღია ყვითელი ფერის მომჟავო- მომტკბო რბილობით.
- *Khao namphung* - მსხლის ფორმის ნაყოფი, მოყვითალო მომწვანო კანით და მოყვითალო თეთრი ფერის ტკბილი რბილობით;
- *Khao paen* - ოვალური ფორმის ნაყოფი, მოყვითალო მომწვანო კანით და თეთრი მომჟავო რბილობით.

პომელო - მარადმწვანე მცენარეა, სიმაღლეში აღწევს 15 მეტრს, ფოთლები მრგვალი და ყვავილები მოყვითალო - თეთრი. ნაყოფები ვითარდება ან ცალცალკე ან 6-8 ნაყოფი ერთად. პომელოს დამწიფებულ ნაყოფებს აქვს მოყვითალო ფერი, ზომით ისინი ძლიერ აღემატება გრეიფრუტის ნაყოფებს და პომელოს ნაყოფი ითვლება, როგორც ყველაზე დიდი ზომის ხილი ციტრუსოვან ნაყოფებში. პომელოს ერთი ნაყოფი დიამეტრში აღწევს 30 სანტიმეტრს. წონა საშუალოდ 2-3 კგრ., იშვიათად ნაყოფი იზრდება 10 კგრ.- მდე. ნაყოფს აქვს მრგვალი ან მსხლის მაგვარი ფორმა, ნაყოფის კანი საკმაოდ სქელია, ძლიერ აღემატება ნებისმიერი ციტრუსოვანთა ნაყოფის კანს და საშუალოდ შეადგენს 2-3 სანტიმეტრს, რბილობი დაყოფილია წილებად თეთრი ფერის, მწარე გემოსი ხისტი ტიხრებით. დამწიფებული პომელოს ფერი იცვლება ღია მწვანე მოყვითალო -

ვარდისფერამდე. ვარდისფერი შეფერილობა აქვს ნაყოფის მხოლოდ იმ მხარეს, რომელიც მიმართულია მზისაკენ. რბილობი მომწავო-მომწარო ტკბილი გემოსია, შეიცავს ბოჭკოებს, რომლებიც ზომებით აღემატება გრეიფრუტის და დანარჩენი ციტრუსოვანთა ნაყეფების ბოჭკოებს. რბილობის სუნი ძალიან სასიამოვნო და უნიკალურია, ოდნავ ჰგავს ბანანის სუნს. პომელოს ნაყოფის 100 გრამი შეიცავს 88.5 გრ. წყალს, 0.8 გრ. ცილებს, 0.04 გრ. ცხიმებს და 8.6 გრ. ნახშირწყლებს. აგრეთვე, ნაყოფი შეიცავს მინერალურ ნივთიერებებს: კალიუმს - 235 მგრ., კალციუმს - 26.27 მგრ., ფოსფორს - 22.26 მგრ., ნატრიუმს - 1 მგრ., მაგნიუმს - 6 მგრ. რკინას - 0.11მგრ., ცინკუმს - 0.08 მგრ. და ძირითად C, A (β კაროტინი) PP, B9, B6, B5, B2 და B1 ვიტამინებს : B1 - 0.04 mg , B2 - 0.02 mg, B5 - 02.02 mg. ვიტამინი B9 შედის ფოლენ მჟავაში. პომელოს ნაყოფი მდიდარია პექტინით, შეიცავს უჯრედის, ეთერზეთებსა და ორგანულ მჟავებს. დიდი რაოდენობას შეიცავს ფოლიუმის მჟავას, რომელიც განსაკუთრებით მარგებელია ორსული ქალებისათვის. ახასიათებს გაახალგაზრდავების თვისება და ტონიზირებს კანს [13].

„C“ ვიტამინი ზრდის ორგანიზმის იმუნიტეტს, ეხმარება მას ვირუსებთან და ბაქტერიებთან ბრძოლაში, განსაკუთრებით შემოდგომის და გაზაფხულის პერიოდში. სისხლძარვებში ტრომბების წარმოქმნის და სხვადასხვა ეთიმოლოგიის სიმსივნის პროფილაქტიკაში. რბილობის 100 გრამი უზრუნველყოფს C ვიტამინის დღე-ღამის დოზას.

პომელო არეგულირებს გულის მუშაობასა და არტერიულ წნევას, ახდენს გავლენას გულის კუნთზე და ამცირებს ტრომბების წარმოქმნას სისხლძარვებში. დაბალკალორიული ხილია (ნაყოფის 100 გრამი შეესაბამება 38 კკალ.), პომელოს რბილობის 300-400 გრ. ადამიანი ნაყდება [15,17].

პომელო მდიდარია ბიოფლავონოიდებით (ვიტამინი P), ხელს უწყობს ორგანიზმს ექსტროგენების მოცილებაში და ზრდის ორგანიზმის წინაღობას კუჭნაწლავის ტრაქტის დაავადებებისადმი. *ნაყოფის დაქუცმაცებული კანი* გამოიყენება, როგორც ჩაის დანამატი. პომელო - დიეტური ხილია და ხელს უწყობს წონის დაქვეითებას. თესლების ექსტრაქტი გამოიყენება კანის და ლორწოვანი გარსის ინფექციური დაავადებების, კერძოდ ექზემის, სოკოვანი დაავადებებისა და ფსორიაზის სამკურნალოდ. *ნაყოფის რბილობი* შთანთქმავს ტოქსინებს კუჭნაწლავის ტრაქტიდან, რითაც ხელს უწყობს ცილებისა და ცხიმების დაშლას ღვიძლის კუჭქვეშა ჯირკვლის და ნაწლავების გაწმენდას [12,20,23].

პომელო ბუნებრივი ანტიბიოტიკია. მას წარმატებით იყენებენ ორგანიზმის პროფილაქტიკისათვის დაბალი გემოგლობინის, ათეროსკლეროზის, გულის ჰიპერტონული დავადებების და სისხლში მაღალი შაქრის შემცველობის დროს. პომელო აუმჯობესებს მხედველობას. მაგრამ მიუხედავად იმისა რომ პომელო ძალიან მარგებელია მას გააჩნია უარყოფითი თვისებებიც ის აქვეითებს ზოგიერთი სამკურნალო პრეპარატების შეწოვას ორგანიზმში, ზოგიერთის კი მოქმედებას აძლიერებს. დადგენილია, რომ თუ ადამიანი ღებულობს გიპერტონულ, ანტიალერგიულ, ქოლესტერინის დაწვევის საშუალებებს, მან ამ პერიოდსი არ უნდა მიიღოს პომელოს ნაყოფი [24,25].

პომელოს წვენი მოქმედებს ორგანიზმში 3 დღე - ღამის განმავლობაში. მას იყენებენ დილით მადისა და ტონუსის ასამაღლებლად. კოსმეტოლოგიაში წვენი, რბილობი და კანი გამოიყენება მალამოების, კრემებისა და ლოსიონების დასამზადებლად.

პომელოს ნაყოფი ფართოდ გამოიყენება კულინარიაში, როგორც ხილისა და ბოსტნეულის სალათების, ნაყინებისა და დესერტების ეგზოტიკურ გემოს მიმნიჭებელი ინგრედიენტი [14, 15].

პომელოს ნაყოფი ადვილად ტრანსპორტირდება და ინახება. ტრანსპორტირებას და შენახას ექვემდებარება პომელოს ნაყოფის 3 სახეობა:

- ✓ წითელი ნაყოფი წითელი რბილობით, მომჟავო - მომწარო გემოთი, ოვალური ფორმის , ზომით, როგორც საშუალო გრეიფრუტი, მხოლოდ მწვანე კანით. ამ სახეობის პომელო შეაჯვარეს ფორთოხალთან და მიიღეს გრეიფრუტი;
- ✓ ვარდისფერი პომელო. მას აქვს საკმაოდ დიდი რაოდენობით თესლი, ტკბილი და წვენიანი ნაყოფი, ახასიათებს კარგი ანტიგელმინტური თვისებები;
- ✓ თეთრი მსხლის ფორმის ნაყოფი, აღწევს წონაში 1- 2 კგრ. თეთრი და ტკბილი რბილობით. ამ ნაყოფიდან მიიღება ცუკატები და ჯემი.

2.ექსპერიმენტალური ნაწილი

2.1 კვლევის ობიექტები

კვლევა სწარმოებდა პომელოს სხვადასხვა სიმწიფის ხარისხის ნაყოფებზე(ნახ.1). ისაზღვრებოდა ნაყოფის მორფოლოგიური შემადგენლობა, პექტინის მიღების

შესაძლებლობა: პექტინის სრულყოფილი ექსტრაგირების დრო და რაოდენობა, მაკრო (K, Na, Ca, Mg, P) და მიკრო (Fe, Mn, Cu, Zn) ელემენტები, ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების, წყლის, ვიტამინ C (მგ.) და ვიტამინ PP(მგ.) რაოდენობა და ნაცარი.

კვლევისათვის აღებული პომელოს ოთხი ნაყოფი, რომელთა მასა 670-1200 გრ. ფარგლებში.



ნახ.1 პომელოს ნაყოფები : ნაყოფი I

ნაყოფი II



ნაყოფი III

ნაყოფი IV

ისაზღვრებოდა ყველა ნაყოფის მორფოლოგიური შედგენულობა: ნაყოფები იყოფოდა ფლავედო, ალბედო, რბილობი, შიდა ტიხრებსა და თესლებზე ცალცალკე ხდებოდა მათი აწონვა და წვრილად დაქუცმაცება - მომზადება ექსტრაქციისათვის (ნახ.2, 3),



ნახ.2 პომელოს ნაყოფის დაყოფა :ნაყოფი I ნაყოფი II



ნაყოფი III



ნაყოფი IV

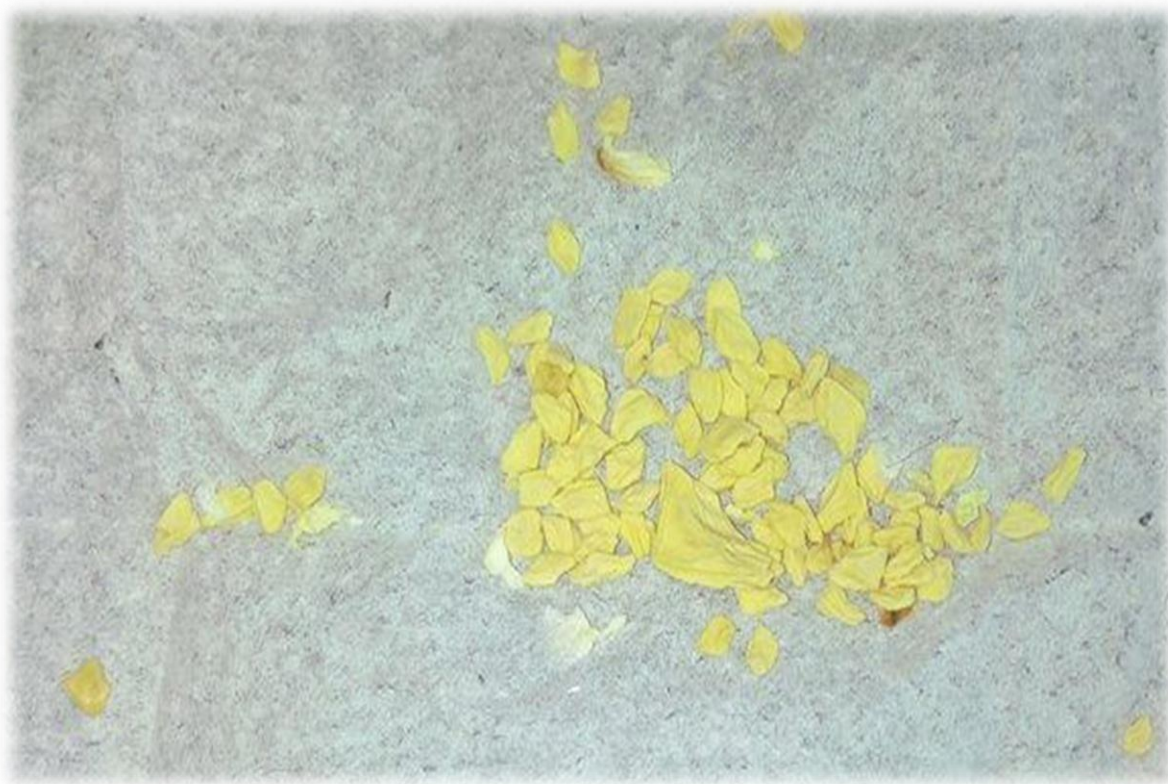
ნახ.3 პომელოს ნაყოფის მომზადება პექტინის იზოლატის მისაღებათ.



ნაყოფი IV: ლებნები



ნაყოფი IV: რბილობი



ნაყოფი IV: თესლები.



ნაყოფი II : ალბედო, ფლავედო, ტიხრები



ნაყოფი II : რბილობი



ნაყოფი II ბოჭკოებათ დაყოფილი რბილობი

2.2 კვლევის მეთოდოდეკები.

2.2.1 პექტინის მიღება

პროტოპექტინის გადასაყვანათ ხსნად პექტინში, ფლავედო, ალბედო, რბილობი, შიდა ტიხრები და თესლები ცვრილად ქუცმაცდებოდა, პექტინის იზოლატის მისაღებად ექსტრაგირება ტარდებოდა 24, 48, 72, 144 და 240 სთ. განმავლობაში ლიმონმჟავათი ($\text{pH} = 1,8-2,0$). პროტოპექტინი გადადიოდა ხსნად ფორმაში - პექტინში. შემდეგ ხსნადი პექტინი გამოიყოფოდა 96% ეთილის სპირტის ხსნარით (1:3), 24 სთ. განმავლობაში. პექტინი გამოიყოფოდა ლაბის სახით. იფილტვრებოდა, ფილტრზე ირეცხებოდა სპირტით და შრებოდა (ნახ.4-6).



ნახ. 4 პექტინური იზოლატების მიღება: ნაყოფი I : ალბედო ,ფლავედო ,რბილობი.





ნახ.5 პექტინის გამოყოფა



ნახ. 6 ნედლი პექტინი. ნაყოფი I : ტიხრები და ალბედო (I,II, III ექსტრაქცია),

2.2.2 ვიტამინ „C“ და ვიტამინ „P“ განსაზღვრა.

„C“ ვიტამინის განსაზღვრა ტარდებოდა სახელმწიფო სტანდარტის ГОСТ 24556-89 მიხედვით. მეთოდი დაფუძნებულია C ვიტამინის ექსტრაგირებაზე მარილმავათი და ექსტრაქტის გატიტვრაზე ნატრიუმის 2,6-დიქლორფენოლინდოფენოლატის ხსნარით ღია-ვარდისფერ შეფერილობამდე.

ასკორბინმჟავას მასური წილი $X, \%$ გამოითვლება ფორმულით:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot T \cdot V_3 \cdot 100}{V_4 \cdot m} \quad (1)$$

სადაც:

- V_1 - ნატრიუმის 2,6-დიქლორფენოლინდოფენოლატის ხსნარის მოცულობა, დახარჯული საკვლრვი სინჯის გადიტვრაზე, მლ.;
- V_2 - ნატრიუმის 2,6-დიქლორფენოლინდოფენოლატის ხსნარის მოცულობა, დახარჯული საკონტროლო სინჯის გადიტვრაზე, მლ.;
- T - ნატრიუმის 2,6-დიქლორფენოლინდოფენოლატის ხსნარის ტიტრი;
- V_3 - ექსტრაქტის მოცულობა, მიღებული C ვიტამინის ექსტრაგირებისას პროდუქტის სინჯიდან, მლ.;
- V_4 - გასატიტრი ექსტრაქტის მოცულობა, მლ.;
- M - სინჯის მასა, გ.

ვიტამინ „P“ განისაზღვრება სპექტროფოტომეტრიული მეთოდით (415 ნმ.), როგორც ფლავანოიდების ჯამი და შემდეგ გადაითვლება ფორმულით:

$$x = \frac{D \cdot Mo \cdot 1000000}{Do \cdot M \cdot 100 \cdot (100 - W)}, \quad (2)$$

სადაც:

- D - სინჯის ოპტიკური სიმკვრივე;
- Do - სტანდარტული რუტინის ოპტიკური სიმკვრივე;
- M - ნედლეულის მასა, გ.;
- Mo - სტანდარტული რუტინის მასა, გ.;
- W - ნედლეულის გამრობისას მასის დაკარგვის მაჩვენებელი, %

2.2.3 ცილების განსაზღვრა

ცილების განსაზღვრა ტარდება ГОСТ P 53951-2010 სტანდარტის მიხედვით, სინჯის ორგანული ნივთიერებების გოგირდმჟავათი მინერალიზაციით, წარმოქმნილი ამონიუმის სულფატის გადაყვანით ამიაქში და შემდგომი გადადენით ბორმჟავას ხსნარში . ამიაკის რაოდენობა ისაზღვრება ტიტრამეტრიული მეთოდით და ცილის შემცველობა $X, \%$, გამოითვლება ფორმულით:

$$X = \frac{(V - V_1) \cdot n \cdot 14,0067 \cdot K \cdot 100}{m \cdot 1000} \quad (3)$$

სადაც:

- V – HCl ხსნარის მოცულობა, დახარჯული საკვლრვი სინჯის გადიტვრაზე, მლ.;
- V_1 - HCl ხსნარის მოცულობა, დახარჯული საკონტროლო სინჯის გადიტვრაზე,
- m - სინჯის მასა, გ.;
- n - HCl ხსნარის კონცენტრაცია, მოლ./ლ.;
- 14,0067 - აზოტის მასა ექვივალენტური 1მ. HCl ხსნარის 1დმ³;
- 1000 - გადათვლის კოეფიციენტი სმ³ -> დმ³;
- K - საერთო აზოტის მასური წილის გადათვლის კოეფიციენტი საერთო ცილის მასურ წილზე.

2.2.4 წყლის განსაზღვრა

წყლის რაოდენობა ისაზღვრებოდა გამოშრობით მუდმივ მასამდე.ГОСТ 28561-90

2.2.5 ცხიმების განსაზღვრა

ცხიმების განსაზღვრა ტარდებოდა ГОСТ P 53951-2010 სტანდარტის მიხედვით გრავიმეტრიული მეთოდით ცხიმის ექსტრაქციით ქლოფორმისა და ეთანოლის ნარევით, გამხსნელის გამოყოფის შემდეგ, მისი მასის განსაზღვრით მიღებულ ექსტრაქტში.

ცხიმის მასური წილი $X, \%$, გამოითვლება ფორმულით:

$$X = m_1 \cdot 100 / m_2 \quad (4)$$

სადაც :

- m_1 - ცხიმის მასა , გ.;
- m_2 - სინჯის მასა, გ

2.2.6 ნახშირწყლების განსაზღვრა.

ნახშირწყლების განსაზღვრა ტარდებოდა ГОСТ P 51938- 2006 მიხედვით.

2.2.7 ნაცრის განსაზღვრა

ნაცრის განსაზღვრა ტარდებოდა ГОСТ 25555.4-91 მიხედვით, სინჯის დანაცრით 525°C-ზე და ნაცრის მასის განსაზღვრით.

ნაცრის მასური წილი X , %, გამოითვლება ფორმულით:

$$X = (m - m_1) \cdot 100 / m_2 \quad (5)$$

სადაც :

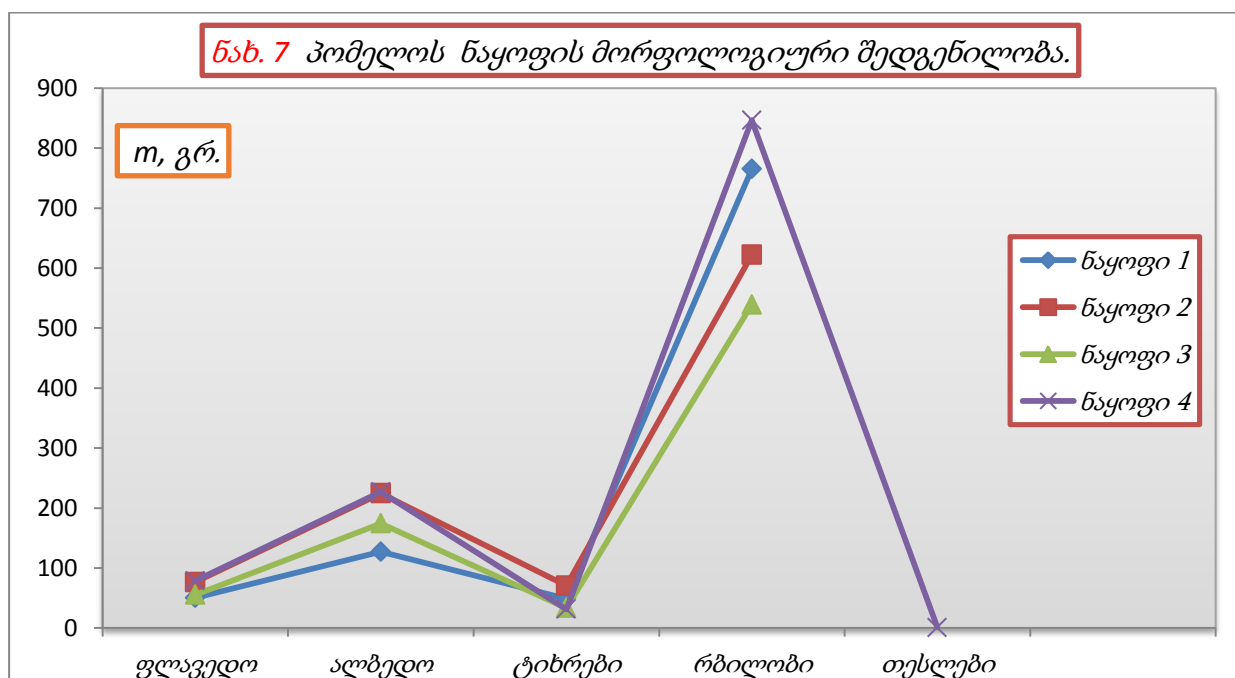
- m – ტიგელის და ნაცრის მასა , გ.;
- m_1 - ნაცრის მასა, გ.
- m_2 - სინჯის მასა, გ.

2.2.8 მაკრო- და მიკროელემენტების განსაზღვრა

მაკრო და მიკროელემენტების განსაზღვრა ტარდებოდა ГОСТ P 51637-2000 მიხედვით.

2.3 ექსპერემენტალური მონაცემები და მათი განხილვა

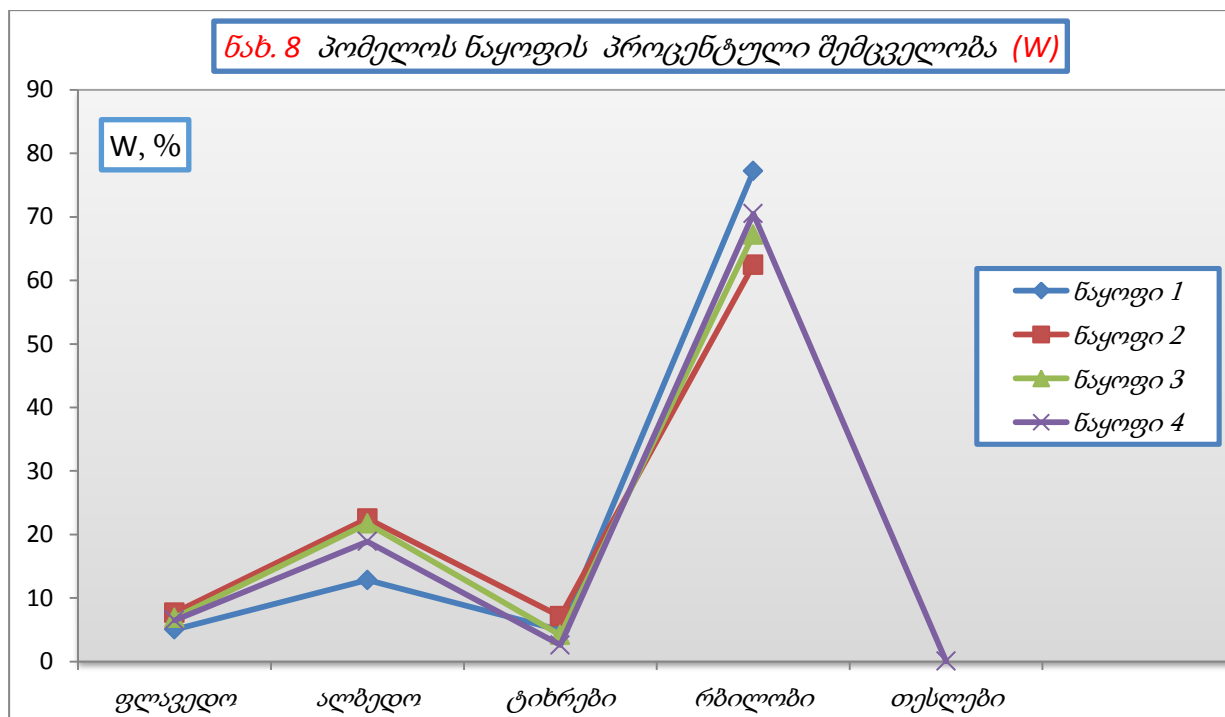
კვლევა ტარდებოდა პომელოს ნაყოფზე. ისაზღვრებოდა ნაყოფის მორფოლოგიური შემადგენლობა, პექტინის მიღების შესაძლებლობა: პექტინის სრულყოფილი ექსტრაგირების დრო და რაოდენობა. კვლევისათვის აღებული პომელოს ნაყოფების მასა მერყეობდა 670-1200 გრ. ფარგლებში, ნაყოფები განსხვავდება ტექნიკური სიმწიფით და სიმწიფის ხარისხის შემცირების მიხედვით ნაყოფები განლაგდება შემდეგ რიგში: ნაყოფი 4 → ნაყოფი 1 → ნაყოფი 2 → ნაყოფი 3. პომელოს ნაყოფის მორფოლოგიური შედგენილობა მოყვანილია მასის მიხედვით (ნახ.7), პროცენტული შემცველობით (ნახ.8).



მიღებული მონაცემებიდან გამომდინარე, ოთხივე „პომელოს“ ნაყოფში რბილობის შემცველობა ჭარბობს და მერყეობს 62-77% -დე, ალბედოს რაოდენობა იცვლება 12.8 -22.5 % ფარგლებში, ფლავედო შეადგენს ნაყოფის 5.05-7.7%, ტიხრები 2.6 -7.1%, თესლების რაოდენობა ძალიან მცირეა და შეადგენს მხოლოდ 0.043%-ს. მორფოლოგიური შემცველობის მიხედვით ნაყოფები განლაგდება რიგში:

რბილობი → ალბედო → ფლავედო → ტიხრები → თესლები.

დადგენილია, რომ რბილობი ნაკლებწვენიანია და მას აქვს ბოჭკოვანი სტრუქტურა. ისაზღვრებოდა პექტინის მიღების შესაძლებლობა ნაყოფის ყველა შემადგენელი ნაწილიდან.



დადგენილია, რომ ყველა ნაყოფის რბილობი, წვენი და ფლავედო პრაქტიკულად არ შეიცავენ პექტინს. პექტინს შეიცავს მხოლოდ ალბედო და ტიხრები. დადგენილია, რომ ნაყოფები განსხვავდებიან პექტინის შემცველობით, რაც დამოკიდებულია ნაყოფის ტექნიკურ სიმწიფეზე. მიღებული მონაცემები მოყვანილია ნახ. 9-ზე.

მიღებულია: პექტინის ყველაზე მეტ რაოდენობას (1.55 გ./100გ ნაყოფზე) შეიცავს პომელოს პირველი ნაყოფი და ამ მაჩვენებლის და სიმწიფის მიხედვით ნაყოფები განლაგდება რიგში:

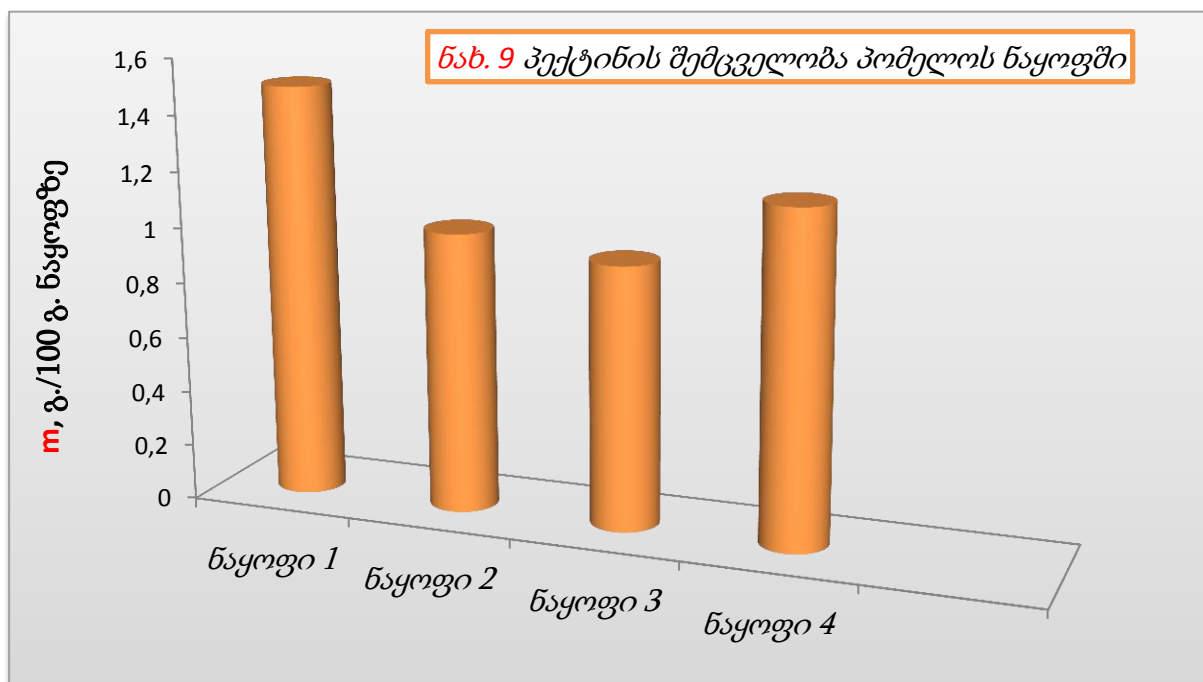
ნაყოფი I (1.55) -> ნაყოფი II (0.99) -> ნაყოფი III (0.9) -> ნაყოფი IV(1.15).

პექტინის წარმოებისას მთავარი პროცესი - ექსტრაგირებაა, რომელსაც შეიცავს ორ საფეხურს: პროტოპექტინის მჟავაჰიდროლიზს და გახსნილი პექტინის მოლეკულურ დიფუზიას ნედლეულის ნაწილაკიდან ექსტრაგენტში. მჟავათი ნედლეულის დამუშავებისას მიდის სამი ჰიდროლიტური პროცესი: მარილების - პექტინატების , რთულეთერული (დეეთერიფიკაცია) და გლიკოზიდური ბმების ჰიდროლიზი (დეპოლიმერიზაცია).

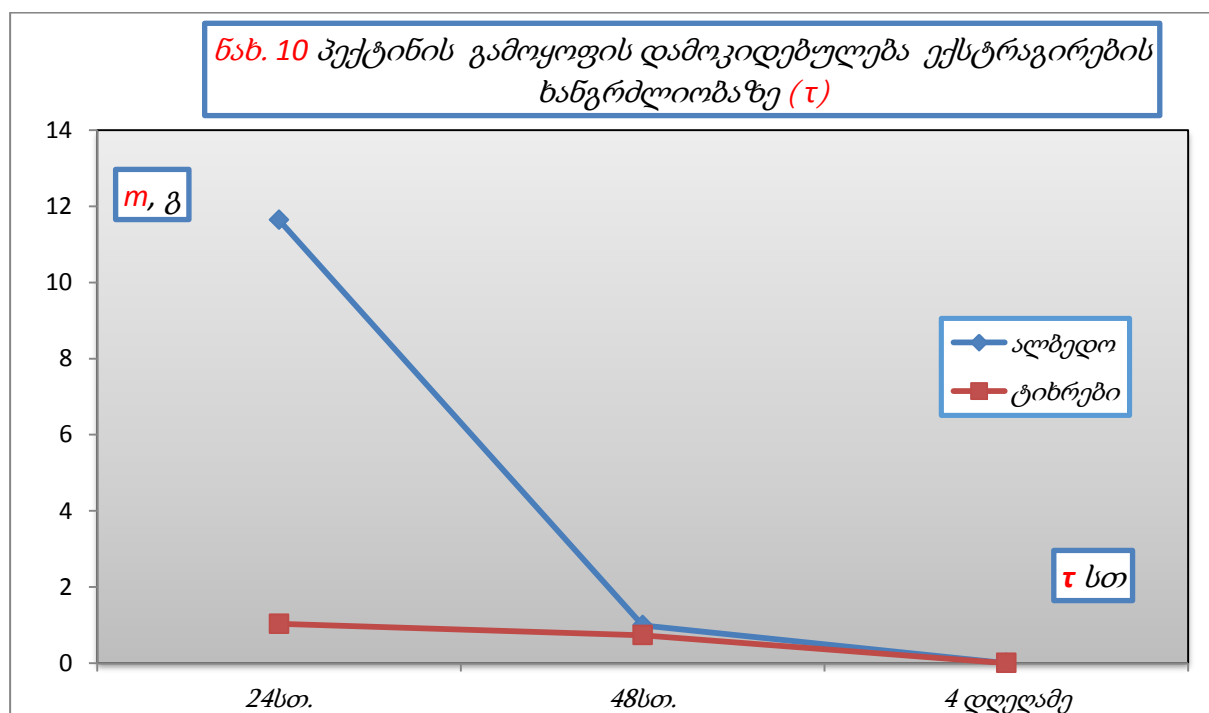
დეეთერიფიკაცია და დეპოლიმერიზაცია - არასასურველი პროცესებია, ამიტომ პექტინური ნივთიერებების გამოყოფა ტარდებოდა რბილ პირობებში.

პომელოს ნაყოფი მჟავე გემოსია, ეს განაპირობებს პროტოპექტინის ნაკლებ მდგრად ბმებს

უჯრედული კედლის ნივთიერებებთან, რაც ქმნის პექტინის გამოყოფის შესაძლებლობას მჟავას დაბალი კონცენტრაციით ($\text{pH} = 1.8 \pm 2.0$). ამ დროს ჰიდროლიზდება 95%-დე პროტოპექტინი. პექტინის მიღების ოპტიმალური პარამეტრების დასადგენად ისაზღვრებოდა პექტინის სრული ექსტრაგირებისათვის საჭირო დრო.



პექტინის ექსტრაგირება ტარდებოდა ლიმონმჟავათი 24, 48, 72, 144 და 240 სთ. განმავლობაში. მიღებული მონაცემები მოყვანილია ნახ.10 -ზე.



დადგენილია : პექტინი პრაქტიკულად გამოიყოფა სრულყოფილად 24 საათის განმავლობაში ანუ პირველი ექსტრაქციის დროს და ეს დრო შეიძლება რეკომენდირებული იყოს პომელოს ნაყოფიდან პექტინის გამოყოფის ტექნოლოგიური პროცესის დასამუშავებლად.

მიღებული პექტინის ნიმუშები მოყვანილია ნახ.11 -ზე.

ნახ. 11. მიღებული პექტინის ნიმუშები :



ტიხრები IV



აღბედო I



აღბედო II

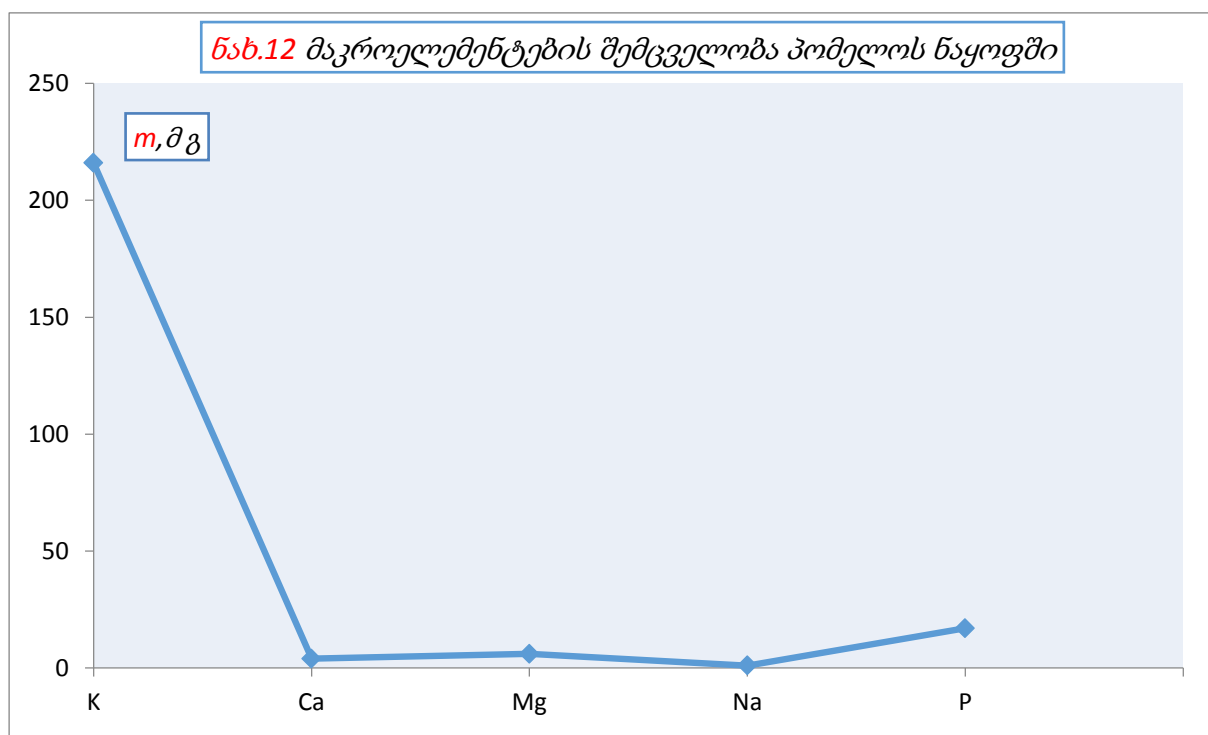




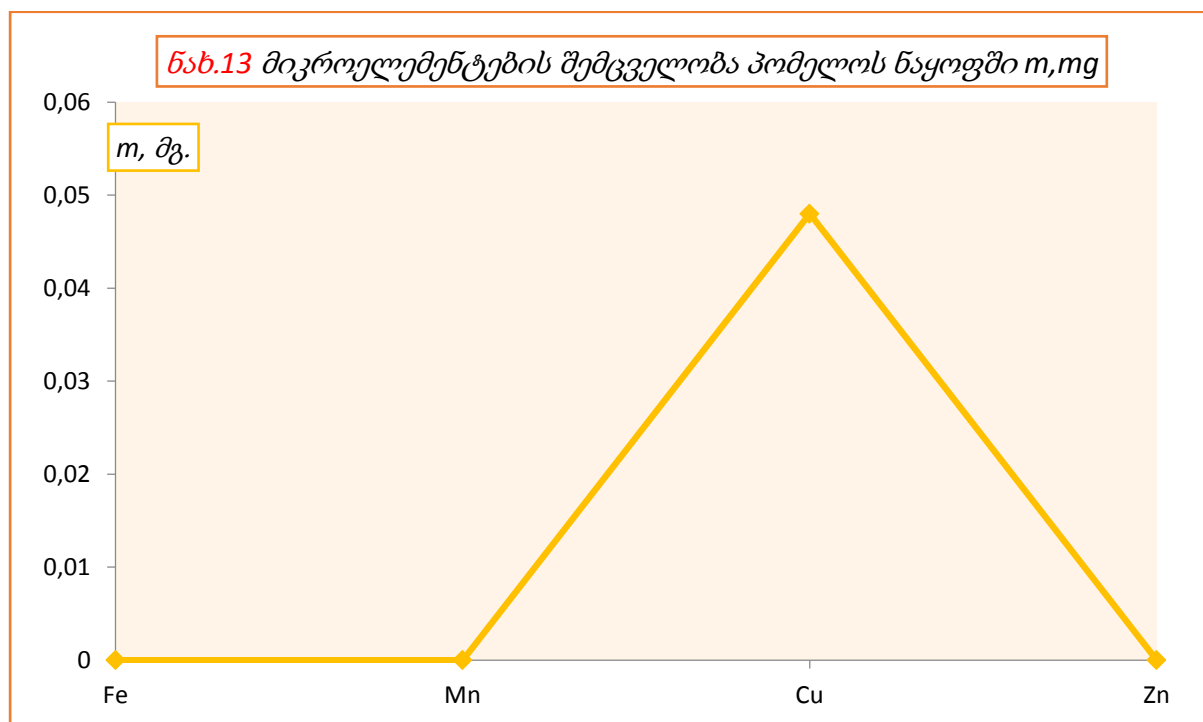
მიღებულ ნიმუშებში ისაზღვრებოდა პომელოს ნაყოფის მაკრო (K, Na, Ca, Mg, P) და მიკრო (Fe, Mn, Cu, Zn) ელემენტარული შედგენილობა.

დადგენილია, რომ პომელოს ნაყოფი მდიდარია კალიუმის შემცველობით (220 მგ.) და მაკროელემენტები შემცველობის ზრდის მიხედვით განლაგდება რიგში (ნახ.12):

$Na \rightarrow Ca \rightarrow Mg \rightarrow P \rightarrow K$



რას ეხება მიკროელემენტების, პომელოს ნაყოფი პრაქტიკულად არ შეიცავს Fe, Mn და Zn ,
Cu-ის რაოდენობა შეადგენს ძალიან მცირე სიდიდეს - 0,053 მგ.(ნახ.13, ცხრ.1).

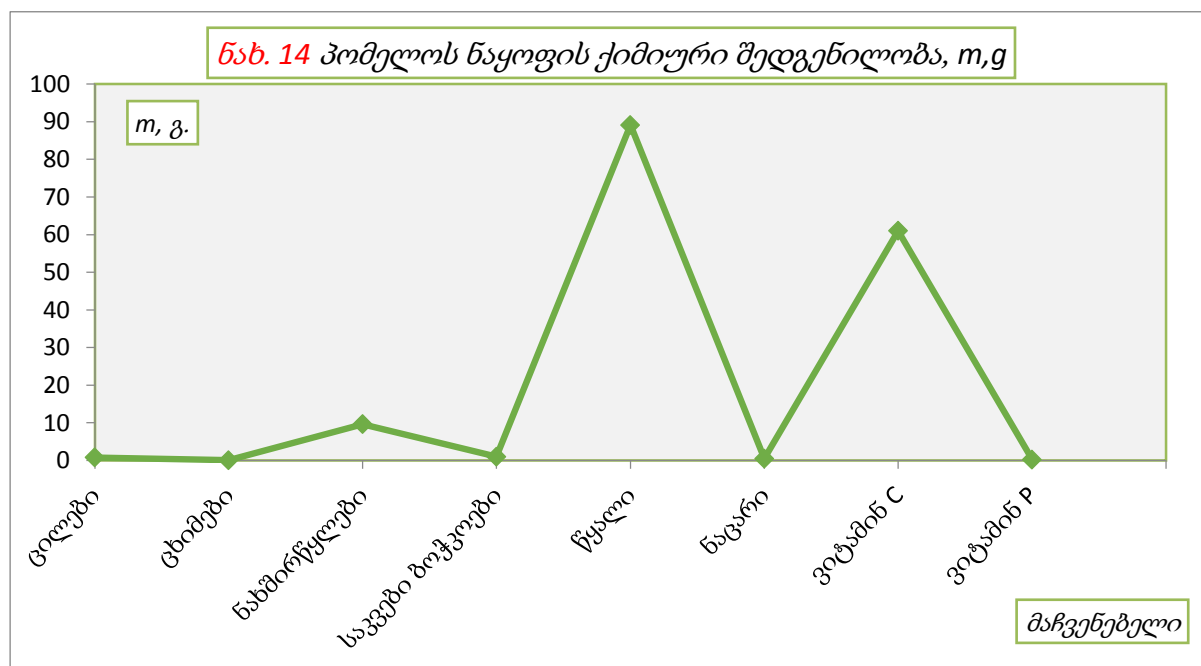


პომელოს ნაყოფის ქიმიური შემცველობა

ცხრილი 1

N/N	მაჩვენებელი	შემცველობა,გ	ნორმა,გ	% ნორმიდან 100 გ. ნაყოფში
1	ცილები	0.76	76	1
2	ცხიმები	0.04	60	0.1
3	ნახშირწყლები	9.62	211	4.6
4	წყალი	89.1	2400	3.7
5	ნაცარი	0.48		
6	ვიტამინ C (მგ.)	61	90	67.8
7	ვიტამინ P(მგ.)	0.22	20	1.1

ისაზღვრებოდა ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების, წყლის, ვიტამინ C (მგ.) და ვიტამინ PP(მგ.) რაოდენობა და ნაცარი (ნახ.14, ცხრ.2).



მაკრო- და მიკროელემენტების შემცველობა პომელოს ნაყოფში

ცხრილი 2

N/N	მაჩვენებელი	შემცველობა,მგ	ნორმა,მგ	% ნორმიდან 100 გ. ნაყოფში
მიკროელემენტები				
1	K	216	2500	8.6
2	Ca	4	1000	0.4
3	Mg	6	400	1.5
4	Na	1	1300	0.1
5	P	17	800	2.1
მიკროელემენტები				
1	Fe	0.11	18	0.6
2	Mn	0.017	2	0.9
3	Cu	0,048 .	1	4.8
4	Zn	0.08	12	0.7

მიღებულია : ყველაზე მეტი რაოდენობით პომელოს 100 გ.ნაყოფი შეიცავს წყალს (89.1გ) და ვიტამინ C (61მგ.), ნაკლები რაოდენობით ნახშირწყლებს (9.62გ.) და მცირე რაოდენობით ცილებს (0.76გ.) - ნორმის 1%, ვიტამინ PP(0.22მგ.) - ნორმის 1.1%, ცხიმებს - ნორმის 0.1% და ნაცარს - 0.48გ.

თავისი ქიმიური შედგენილობით - ნაკლები ნახშირწყლების და ცხიმშემცველობით, პომელო მიეკუთვნება დიეტურ ხილს და წარმატებით შეიძლება გამოიყენოს სადიეტო მენიუში ან ფარმაციაში დასუსტების პრეპარატების წარმოებაში [15,24,25].

დასკვნა.

- კვლევა ტარდებოდა პომელოს ნაყოფებზე. ისაზღვრებოდა ნაყოფის მორფოლოგიური შემადგენლობა, პექტინის მიღების შესაძლებლობა: პექტინის სრულყოფილი ექსტრაგირების დრო და რაოდენობა, მაკრო (K, Na, Ca, Mg, P) და მიკრო (Fe, Mn, Cu, Zn) ელემენტები, ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების, წყლის, ვიტამინ C (მგ.) და ვიტამინ PP(მგ.) რაოდენობა და ნაცარი.
- კვლევისათვის აღებული პომელოს ნაყოფების მასა მერყეობდა 670-1200 გრ. ნაყოფები განსხვავდება ტექნიკური სიმწიფით.
- *მიღებულია* : ოთხივე „პომელოს“ ნაყოფში რბილობის შემცველობა ჭარბობს და მერყეობს 62-77% -დე, ალბედოს რაოდენობა იცვლება 12.8 -22.5 % ფარგლებში, ფლავედო შეადგენს ნაყოფის 5.05-7.7%, ტიხრები 2.6 -7.1%, თესლების რაოდენობა ძალიან მცირეა და შეადგენს მხოლოდ 0.043%. მორფოლოგიური შემცველობის მიხედვით ნაყოფები განლაგდება რიგში:

რბილობი → ალბედო → ფლავედო → ტიხრები → თესლები.

- *დადგენილია*: ყველა ნაყოფის რბილობი, წვენი და ფლავედო პრაქტიკულად არ შეიცავენ პექტინს. პექტინს შეიცავს მხოლოდ ალბედო და ტიხრები.
- *მიღებულია* : პექტინის რაოდენობისა და სიმწიფის მიხედვით ნაყოფები განლაგდება რიგში:

ნაყოფი I (1.55) -> ნაყოფი II (0.99) -> ნაყოფი III (0.9) -> ნაყოფი IV(1.15).

- ისაზღვრებოდა პექტინის ექსტრაგირების ხანგრძლივობა. პექტინის ექსტრაგირება ტარდებოდა 24,48,72,144 და 240სთ.
- *დადგენილია* : პექტინი გამოიყოფა სრულყოფილად 24 საათის განმავლობაში ანუ ეს დრო შეიძლება რეკომენდირებული იყოს პომელოს ნაყოფიდან პექტინის

გამოყოფის ტექნოლოგიური პროცესის დასამუშავებლად.

- მიღებულია პომელოს ნიმუშები და დადგენილია მათი ქიმიური შედგენილობა.
- დადგენილია, რომ პომელოს ნაყოფი მდიდარია კალიუმის შემცველობით (220 მგ.) და მაკროელემენტები, შემცველობის ზრდის მიხედვით, განლაგდება რიგში :



- პომელოს ნაყოფი პრაქტიკულად არ შეიცავს მიკროელემენტებს : Fe, Mn და Zn, Cu-ის რაოდენობა შეადგენს ძალიან მცირე სიდიდეს - 0,053 მგ.
- მიღებულია : ყველაზე მეტი რაოდენობით პომელოს 100 გ.ნაყოფი შეიცავს წყალს (89.1გ) და ვიტამინ C (61მგ.), ნაკლები რაოდენობით ნახშირწყლებს (9.62გ.) და მცირე რაოდენობით ცილებს (0.76გ.) - ნორმის 1%, ვიტამინ PP(0.22მგ.) - ნორმის 1.1%, ცხიმებს - ნორმის 0.1% და ნაცარს - 0.48გ.
- თავისი ქიმიური შედგენილობით - ნაკლები ნახშირწყლების და ცხიმშემცველობით, პომელო მიეკუთვნება დიეტურ ხილს და წარმატებით შეიძლება გამოიყენოს სადიეტო მენიუში ან ფარმაციაში დასუსტების პრეპარატების წარმოებაში..

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ბეჟანიძე ი., ხარებავა თ. მონოგრაფია „მცენარეული ნედლეული – მაღალხარისხოვანი საკვები ბოჭკოების წყარო“. გამომცემლობა „შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი“.ბათუმი, 2009, 138 გვ.
2. ბეჟანიძე ი., ბეჟანიძე ნ. პექტინის სტრუქტურა და ეთერიფიკაციის ხარისხი. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, თბილისი, 24, 2009, 192-194.
3. I. Bejanidze, N.Bejanidze. PECTIN IS THE NATURAL FOOD FIBER. შავი ზღვის აუზის ქვეყნების სტუდენტ - მედიკოსთა და პროფესორ – მასწავლებელთა შრომათა კრებული. ბათუმი, 2009, 119-123.
4. I. Bejanidze, T. Kharebava. An efficient method for allocation of natural polymers from plant raw material. (T. Kharebava). 4 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON POLYMER & ADVANCED MATERIALS, July, 1-4, 2015. Batumi. საერთაშორისო კონფერენციის ნაშრომთა კრებული.
5. Помело: польза и вред <https://polzavred.ru/pomelo-polza-i-poleznyesvoystva-pomelo>.

6. Помело <http://www.calorizator.ru/product/fruit/pomelo>.
7. Витковский В.А. и др. Цитрусовые культуры (лимон, апельсин, мандарин, грейфрут, помпельмус, дикорастущие сородичи). Тб., 1998 .
8. Цитрусовые культуры. <http://www.glossary.ru>
9. Лечебные свойства цитрусовых. http://www.floralworld.ru/encyclopedia/plants/Citrusfilter.ru/vodopodgotovka_juice.
10. Помело - Полезные и опасные свойства помело - EdaPlus.Info [edaplus.info / produce/pomelo.html](http://edaplus.info/produce/pomelo.html)
11. **POMELO FASHION - Pomelo** <https://www.pomelofashion.com/>
12. **POMELO – Capture. Create. Inspire.** www.pomelo.com
13. Pomelo, Pummelo, Chinese Grapefruit, Shaddock, Pumelo, Pommelo <https://whatscookingamerica.net/pomelo.htm>.
14. Помело и грейпфрут помогут похудеть - Шаг к Здоровью <https://steptohealth.ru/pomelo-grejpfrut-pomogut-pohudet/>
15. Помело для похудения - Lovely-ledy.ru lovely-ledy.ru .
16. Pomelo | Definition of Pomelo by Merriam-Webster .<https://www.merriam-webster.com/dictionary/pomelo> .
17. Pomelo – npm. <https://www.npmjs.com/package/pomelo>.
18. POMELO – Absolute Filters в App Store - iTunes – Apple <https://itunes.apple.com/ru/app/pomelo-absolute-filters/>.
19. Помело: как растет, чем полезен, как выбрать, есть и чистить www.tasteofthai.ru/pomelo-som-o/.
20. Помело. Описание, состав, калорийность и полезные свойства [hnb.com.ua/articles /s-zdorovie-pomelo_solnechniy_frukt](http://hnb.com.ua/articles/s-zdorovie-pomelo_solnechniy_frukt).
21. Pomelo. <https://www.pomelo.org>.
22. Какие витамины содержатся в помело? kakievitaminy.ru/produkty/kakie-vitaminy-v-pomelo.
23. Pomelo - Citrus maxima - Details - Encyclopedia of Life. eol.org/pages/488254/details.
24. Помело: польза и вред. Состав фрукта, витамины, калорийность ...onwomen.ru.
25. Помело: полезные свойства, калорийность, вред и польза фрукта tutknow.ru/meal/461-frukt-pomelo.htm.
26. 461-frukt-pomelo.htm.