

საქართველოს გადამამუშავებელი წარმოებების მცენარეული ნარჩენების კვლევა და ოპტიმალური გადამამუშავების რეკომენდაციები

ავთანდილ ცინცქილაძე¹, რაული გოცირიძე², დარეჯან ჩიქოვანი³, ნინო მხეიძე⁴, ლელა
სურმანიძე⁵

¹ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების
ინსტიტუტი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი; ²ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტი, ქიმიის მეცნიერებათა
დოქტორი; ³ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული და მემბრანული
ტექნოლოგიების ინსტიტუტი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი; ⁴ბათუმის შოთა რუსთაველის
სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრარული და მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტი, ქიმიის
მეცნიერებათა დოქტორი; ⁵ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მაგისტრი

აბსტრაქტი:

წინამდებარე სტატია მიძღვნილია სამრეწველო მცენარეული ნარჩენების
გამოყენების საკითხისადმი. ირკვევა, რომ საქართველოს სინამდვილეში ათასობით ტონა
მცენარეული ნარჩენები იყრება ნაგავსაყრელებზე, მაშინ როცა აღნიშნული კარგი
ნედლეულია პექტინების წარმოებისათვის.

განხილულია პრაქტიკაში გამოყენებული პექტინების წარმოების ტექნოლოგიები,
მათი დახასიათება, სირთულეები და ნაკლოვანებები. ანალიზის საფუძველზე ავტორები
თვლიან, რომ მიზანშეწონილია ახალი ეფექტური, მარტივი და დაბალხარჯიანი
პროცესების შემოტანა პექტინების ჰიდროლიზი/ექსტრაქციის და გამოლექვის ეტაპებზე.
ამ პროცესებში გამოსაყენებლად წარმოდგენილია ელექტროლიზური ტექნოლოგიით
მიღებული ელექტროაქტიური ხსნარები, რომლებიც იძლევიან საშუალებას ეფექტურად
განხორციელდეს ჰიდროლიზი/ექსტრაქციის და გამოლექვის პროცესები და
გამოირიცხოს რთული და ხარჯტევადი ქიმიური რეაგენტებით
ჰიდროლიზი/ექსტრაქციის, კონცენტრირების, სპირტით ან მარილებით გამოლექვის
პროცესები.

წარმოდგენილია კვლევითი ჯგუფის მიერ შექმნილი ახალი ელექტროლიზური
დანადგარები, რომლებიც იძლევიან მყავე და ტუტე ხსნარების მიღების საშუალებას.
წარმოდგენილია აღნიშნული ხსნარებით ექსტრაქციისა და გამოლექვის კვლევების
შედეგები. კვლევების შედეგებზე გაკეთებული დასკვნებით ავტორები იძლევიან

რეკომენდაციას, რომ მოხდეს ელექტროლიზური ტექნოლოგიების ფართო გამოყენება პექტინოვანი ნივთიერებების მიღების პროცესებში.

საკვანძო სიტყვები: პექტინი, ელექტროლიზი, ტექნოლოგია

ოცდამეერთე საუკუნეში მეცნიერები და პრაქტიკოსები მნიშვნელოვან პრობლემად თვლიან წარმოებისა და გადამუშავების პროცესებში წარმოქმნილი ასეულობით ათასი ტონა ნარჩენების რაციონალური გადამუშავებისა და მათი შემდგომი გამოყენების საკითხს, რადგან მისი მოუგვარებლობა იწვევს, როგორც ეკონომიკური, ასევე სოციალური და ეკოლოგიური ხასიათის პრობლემების წარმოქმნას. ეს პრობლემა დგას საქართველოს წინაშე: მიუხედავად იმისა, რომ გასული საუკუნის 90-იან წლებთან შედარებით მცენარეული ნედლეულის გადამუშავების მოცულობები მნიშვნელოვნად შემცირებულია, მაინც რჩება ათასობით ტონა მცენარეული ნარჩენები გადამუშავების პროცესებში, რომლებიც არ გამოიყენება და იყრება ნაგავსაყრელებზე.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ჩვენი მიზანი იყო შეგვესწავლა გადამუშავების პროცესებში წარმოქმნილი ნარჩენები და შეგვემუშავებინა წინადადებები გამოყენების შესახებ. კვლევებმა აჩვენა, რომ დღეისათვის გადამუშავების პროცესებში დიდი რაოდენობით რჩება მანდარინის, ვაშლისა და ყურძნის ნარჩენები (გამონაწნეხები). მანდარინის შემთხვევაში გადამუშავების მოცულობის თითქმის 60%, ვაშლისა და ყურძნის შემთხვევაში 50-60% რჩება ნარჩენების სახით. გადამუშავების სტატისტიკის გათვალისწინებით ათასობით ტონა ნარჩენი იყრება სპეციალურ ნაგავსაყრელებზე.

ტექნოლოგიების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ ამ ნარჩენებიდან შესაძლებელია დამზადდეს ნატურალური პიურეები, მინახარშები, კონფიტიურები, ჯემები, პექტინები და სხვა, მაგრამ პრაქტიკა აჩვენებს, რომ ამ პროდუქტებზე, გარდა პექტინისა მოთხოვნილების ხარისხი ძალიან დაბალია, რაც იწვევს მათ გამოუყენებლობას. ამ ნარჩენების გამოყენება სპეციალური დამუშავების შემდგომ შესაძლებელია საქონლის საკვებადაც, თუმცა ამ მიმართულებითაც არაფერი კეთდება ჩვენს ქვეყანაში.

მსოფლიო პრაქტიკის შესწავლა/გამოკვლევამ აჩვენა, რომ წარმატებულ ქვეყნებში ასეთი ნარჩენების საკითხი მოგვარებულია, ყოველ შემთხვევაში ასეთ ნარჩენებს ნაგავსაყრელებზე არ ყრიან. მიზანშეწონილი იქნებოდა, თუ ჩვენი ქვეყანაც ამ პრაქტიკას გაითვალისწინებს. წამყვანი ქვეყნები ასეთ ნარჩენებს ამუშავებს, აშრობს და ყიდის ძირითადად პექტინის მწარმოებლებზე. პექტინის მსოფლიო წარმოების მოცულობა 80ატ. ტონის ფარგლებშია და ყოველწლიური ზრდა 1-2ათასი ტონაა. ფინანსურად ეს შეადგენ 1,02 მილიარდი დოლარის მოცულობას მზარდი ტენდენციით /1/. ეს მიუთითებს, რომ პექტინზე მსოფლიო მოთხოვნის დონე მაღალია და ზრდადია. აქედან გამომდინარე ნარჩენების ნაგავზე გადაყრას სჯობს მათი დამუშავება და გაყიდვა ან პექტინის წარმოების მოწყობა.

პექტინები მრეწველობაში ფართოდ გამოყენებადი ბუნებრივი ნაერთებია. ის გამოიყენება ზეფირების, მარმელადების, კონფიტიურების, ჯემების, ძეხვეულის, წველების, იოგურტების და სხვათა წარმოებაში. სამედიცინო და ფარმაცევტულ სფეროში

მას იყენებენ საბავშვო გრანულების, სუსპენზიების, ლაბების წარმოებაში, ემულსიებზე სიბლანტის მისაცემად, აგრეთვე გამოიყენება რადიოპროტექტორული თვისებების ფარმაცევტულ პროდუქტებში მძიმე მეტალების შესაბოჭად, ჭრილობების სამკურნალოდ, კუჭ-ნაწლავოვანი სისტემის სამკურნალოდ, მიკრობიოლოგიური საკვები არეების მისაღებად. ფართოდ გამოიყენება კოსმეტიკურ პროდუქტებშიც /1, 2/.

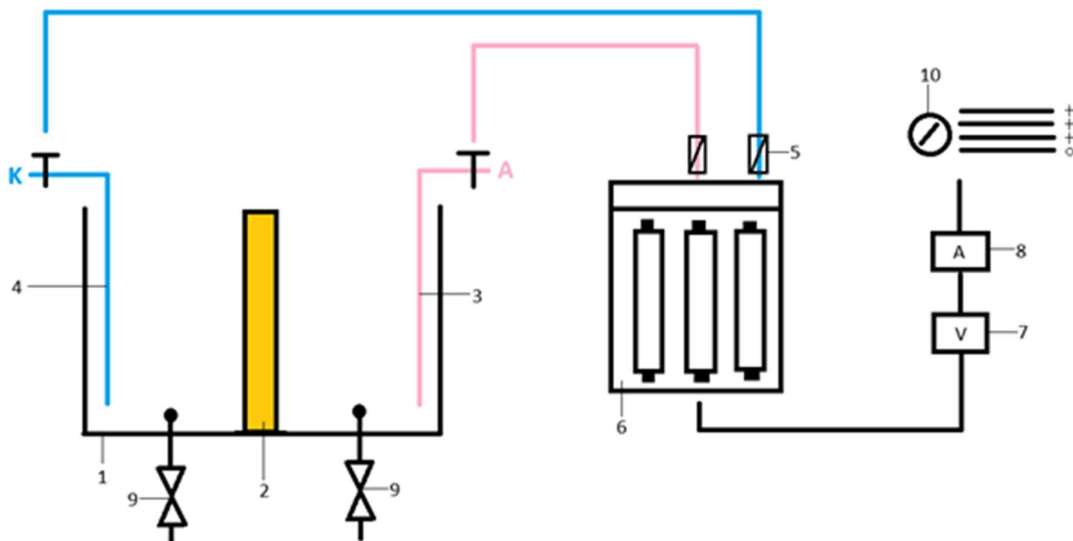
სამეცნიერო/პრაქტიკული ლიტერატურის განხილვამ გვიჩვენა, რომ პექტინების ნარჩენებიდან ექსტრაგირებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა ტექნოლოგიები: მიკროტალღური ექსტრაქცია /3/; ულტრაბგერითი ექსტრაქცია /4/; სუბკრიტიკული წყლით ექსტრაქცია /6/; იმპულსური ელექტრული ველი /5/; ჰიდროლიზი მაღალი წნევის პირობებში /7/; ჰიდროაკუსტიკური პროცესები /8/, მაგრამ პრაქტიკაში ძირითადად გამოყენებულია პექტინების მჟავე არეში ექსტრაქცია, შემდგომი ექსტრაქტის კონცენტრირებით 6-7% პექტინის შემცველობამდე და გამოლექვით რექტიფიცირებული სპირტით ან ალუმინის ან კალციუმის მარილებით. შემდგომი რეცხვით, შრობით და დაქუცმაცებით. ამ ტექნოლოგიების ნაკლოვანებები გამოიხატება ტექნოლოგიურ სირთულეებში, სიძვირეში და ა.შ. სირთულეები არის ექსტრაქციის ეტაპზე, რადგან პროცესებში გამოიყენება ორგანული და არაორგანული მჟავები და გამოლექვის ეტაპზე სპირტული კოაგულაცია ან მარილებით გამოლექვა.

ჩვენი კვლევებით მიზანშეწონილი იქნებოდა ტექნოლოგიების ეფექტურობის გაზრდისათვის და პროცესების გამარტივებისათვის მოგვესინჯა ახალი ტექნოლოგიების გამოყენება. კვლევის პროცესში ჩვენი ინტერესი გამოიწვია ელექტროლიზურმა ტექნოლოგიებმა, რომელიც პექტინების წარმოებაში ნაკლებად არის შესწავლილი. საქმე იმაშია, რომ ელექტროლიზური ტექნოლოგია იძლევა საშუალებას მივიღოთ მარტივად და იაფად მჟავე და ტუტე სითხეები, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია ექსტრაქციისა და გამოლექვის ეტაპებზე.

ელექტროლიზური ტექნოლოგიები კვლევითი ჯგუფისათვის უცხო არ არის. ეს ტექნოლოგია საკმაოდ საინტერესოა ფიზიკურ და ქიმიურ პროცესებში გამოყენებისათვის. სამეცნიერო ჯგუფს ქონდა შესაძლებლობა დაემზადებინა სხვადასხვა სიმძლავრის ელექტროლიზური აპარატები, რომლებშიც შესაძლებელია მჟავე და ტუტე რეაქციის ელექტროაქტიური სითხეების დამზადება. პროექტის ფარგლებში დამზადებული აპარატები წარმოდგენილია სურათზე, რომლის



სქემატური გამოსახულებაც შემდეგნაირია



ნახ 1: ელექტროლიზური აპარატი: 1 - წყლის აბაზანა, 2 - ელექტრომემბრანა, 3 - ანოდური ელექტროდი, 4 - კათოდური ელექტროდი, 5 - უსაფრთხოების დამცველები, 6 - ტრანსფორმატორი, 7 - ვოლტმეტრი, 8 - ამპერმეტრი, 9 - ჩამოსხმის ვენტილები, 10 - დენის მარეგულირებელი

ჩატარებული იქნა ელექტროაქტიური სითხეების მიღების დეტალური კვლევები. ამ კვლევების საფუძველზე მიღებული იქნა pH 1,5-დან 12,5-მდე სითხეები. წინამდებარე ნაშრომში კვლევის შედეგების წარმოდგენა არ ჩაითვა საჭიროდ. სითხეები გამოირჩევიან სტაბილურობით ხანგძლივი დროის განმავლობაში, ამჟღავნებენ მაღალ შენახვისუნარიანობას და თითქმის არ იცვლიან თავიანთ თვისებებს.

ასეთი ელექტროაქტიური წყლის გამოყენებით ჩატარებული იქნა კვლევები პექტინების ჰიდროლიზი/ექსტრაქციის შესასწავლად. ექსტრაგენტის pH=2,0, ტემპერატურა 80°C, ექსტრაქციის დრო 90 წთ. პარალელურ რეჟიმში შედარებისათვის დადგმული იქნა კონტროლი მარილმჟავას გამოყენებით, რომელიც ტრადიციულად გამოიყენება. ექსტრაქციის რეჟიმები იდენტური იყო. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში

ცხრილი 1: პექტინოვანი ნივთიერებების ექსტრაგირების მაჩვენებლები ელექტროაქტიური და მარილმჟავას ხსნარის გამოყენებისას

ექსტრაქციის რეჟიმები ნედლეული		pH	ტემპერატურა, °C	დრო, წთ	გამოსავალი, %
ელექტროაქტიური ხსნარი					
1	მანდარინის მშრალი გამონაწნები	2,0	80	90	8,5
2		2,0	80	90	10,2
3		2,0	80	90	9,1
მარილმჟავა					
1	მანდარინის მშრალი გამონაწნები	2,0	80	90	11,1
2		2,0	80	90	10,3
3		2,0	80	90	9,2

ელექტროაქტიური ხსნარი					
1	ვაშლის მშრალი გამონაწნები	2,0	80	90	5,3
2		2,0	80	90	4,4
3		2,0	80	90	5,1
მარილმჟავა					
1	ვაშლის მშრალი გამონაწნები	2,0	80	90	4,7
2		2,0	80	90	4,2
3		2,0	80	90	5,2

როგორც შედეგები აჩვენებს პექტინოვან ნივთიერებათა გამოსავლიანობაზე ელექტროაქტიური ხსნარი და მარილმჟავას ხსნარი ერთნაირად მოქმედებს, რის საფუძველზეც შეიძლება დავასკვნათ, რომ ელექტროლიზური ტექნოლოგიის შეტანა ექსტრაქციის პროცესში სრულიად მისაღებია. აღნიშნული ამარტივებს და აიაფებს ტექნოლოგიას და ხარისხზე არ ზემოქმედებს.

ჩვენთვის საინტერესო იყო შეგვესწავლა გამონაწნების (ნარჩენების) გამოყენების მსოფლიო პრაქტიკა და აღმოჩნდა, რომ პექტინის წარმოებისათვის შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მრავალფეროვანი ნედლეული, რომელთა ნარჩენებში პექტინის შემცველობა შემდეგია: ძირხვენები და ბოლქვოვნები შეიცავენ 6,4-30,0% პექტინს, კვახისმაგვარები 1,7-23,6%, თესლოვნები 3,3-19,9%, ტროპიკულები 5,5-15,8%, სუბტროპიკულები 9,0-14,0%, კენკროვნები 4,2-12,6%. მესამე ჯგუფის ნედლეული შეიცავს: ღეროები 20,0-35,7%, მზესუმზირას კალათა 24,0%. შაქრის ჭარხალი 18,0-30,0%, სტაფილო 6,4-20,0%, წითელი ჭარხალი 8,1-14,9%, საზამთრო 6,4-23,6%, კვახი 2,6-17,0%, ვაშლოვნებში 6,1-19,9%, კომში 5,3-9,6%, მსხალი 3,3-8,0%, ლეღვი 5,5-15,8%, ყურძენი 4,2-6,6% და სხვა. მიუხედავად წარმოდგენილი მონაცემებისა სამრეწველო წარმოება ძირითადად ხორციელდება ციტრუსოვანთა (85%), ვაშლის (14%) და შაქრის ჭარხლის (1%) წარმოების ნარჩენებისაგან [9].

საქართველოს პირობებშიც ძირითადი ნარჩენებია მანდარინისა და ვაშლის, თუმცა ყურადღება უნდა მივაქციოთ სხვა სახის ნარჩენებსაც, ისეთი როგორებიცაა ყურძნის, მზესუმზირას კალათა და სხვა. აღნიშნულიდან გამომდინარე ჩვენ შევისწავლეთ მანდარინისა და ვაშლის ნარჩენები წლის სხვადასხვა პერიოდებში. პექტინების განსაზღვრა ხორციელდებოდა კალციუმ პექტატის მეთოდით. მანდარინის მშრალ გამონაწნებებში ის მერყეობდა 8,5-10,4%-ის ფარგლებში, ხოლო ვაშლის მშრალ გამონაწნებებში 5,4-12,4%-ის ფარგლებში. პექტინების მიღება შესაძლებელია ნედლი ახალი გამონაწნებიდანაც, თუმცა გასათვალისწინებელია, რომ ასეთი ნედლეული მალფუჭადია და მიზანშეწონილია მისი მშრალი ფორმის გამოყენება, რაც აგრეთვე იძლევა საშუალებას თავი ავარიდოთ სეზონურობას და მთელი წლის განმავლობაში მოვახდინოთ წარმოება.

კვლევებისათვის აღებული ნარჩენების დამუშავების გარეშე შრობისას მიღებულ პექტინებში დიდი რაოდენობით გადადის თანმდევი ნივთიერებები, რომლებიც

აბინძურებენ პექტინს და მათი მოცილება გაძნელებულია. კვლევებმა აჩვენა, რომ მიზანშეწონილია ნარჩენების მინიმუმ ორჯერადი რეცხვა პერიოდული ქმედების აპარატებში ან უწყვეტი ქმედების ექსტრაქტორებში. ამგვარი ზემოქმედებით მაქსიმალურად სცილდება ყველა წყალში ხსნადი ნივთიერება, ადვილად შრება და პექტინიც გამოდის ხარისხიანი. ამგვარად მომზადებულ ნარჩენების გამოყენებით ჩატარებული იქნა კვლევები პექტინების ჰიდროლიზი/ექსტრაქციის პროცესების ოპტიმალური პარამეტრების დასადგენად, რომელიც მოცემულია ცხრილში

ცხრილი 2: პექტინიდან ნივთიერებათა ჰიდროლიზი/ექსტრაქცია pH 2,0-2,2 აქტივირებული წყლით, 1:4 ჰიდრომოდულისა და 90წთ-ის განმავლობაში 60, 70, 80 და 90 °C ტემპერატურების პირობებში

რ/№	ექსტრაქციის ტემპერატურა, °C	ხსნარის pH	ჰიდრომო- დული	ექსტრაქციის დრო,წთ	მშრალი პექტინის გამოსავალი, %
მანდარინის გამონაწნები (მშრალი 10-12%)					
1	60	pH 2,0-2,2	1:4	90	7,4
	70	pH 2,0-2,2	1:4	90	11,2
	80	pH 2,0-2,2	1:4	90	10,5
	90	pH 2,0-2,2	1:4	90	6,6
2	60	pH 2,0-2,2	1:4	90	8,8
	70	pH 2,0-2,2	1:4	90	11,3
	80	pH 2,0-2,2	1:4	90	11,0
	90	pH 2,0-2,2	1:4	90	7,8
3	60	pH 2,0-2,2	1:4	90	6,6
	70	pH 2,0-2,2	1:4	90	10,1
	80	pH 2,0-2,2	1:4	90	10,5
	90	pH 2,0-2,2	1:4	90	7,5
ვაშლის გამონაწნები (მშრალი 10-12%)					
1	60	pH 2,0-2,2	1:4	90	4,4
	70	pH 2,0-2,2	1:4	90	6,7
	80	pH 2,0-2,2	1:4	90	6,8
	90	pH 2,0-2,2	1:4	90	5,7
2	60	pH 2,0-2,2	1:4	90	7,7
	70	pH 2,0-2,2	1:4	90	9,3
	80	pH 2,0-2,2	1:4	90	9,4
	90	pH 2,0-2,2	1:4	90	8,1
3	60	pH 2,0-2,2	1:4	90	5,3
	70	pH 2,0-2,2	1:4	90	7,4
	80	pH 2,0-2,2	1:4	90	7,2
	90	pH 2,0-2,2	1:4	90	6,2

როგორც ცხრილიდან ჩანს ჰიდროლიზი/ექსტრაქციის ოპტიმალური ტემპერატურული რეჟიმი 70-80 °C, ამ დროს როგორც მანდარინის ასევე ვაშლის გამონაწნეხებიდან ხდება პექტინოვან ნივთიერებათა მაქსიმალური ექსტრაგირება და გადასვლა ხსნად მდგომარეობაში. 80°C-ზე ზევით ტემპერატურებზე ხდება პექტინოვან ნივთიერებათა გამოსავლიანობის ვარდნა, რაც გამოწვეული უნდა იყოს პექტინების დეგრადირებით.

შესწავლილი იქნა პექტინოვან ნივთიერებათა ექსტრაქციის ხარისხი დროსთან მიმართებაშიც, რომელიც მოცემულია ცხრილში

ცხრილი 3: პექტინოვან ნივთიერებათა ჰიდროლიზი/ექსტრაქციის მაჩვენებლები დროსთან (30, 60, 90 წთ). pH 2,0, ჰიდრომოდული 1:4, ტემპერატურა 70 °C

რ/№	ექსტრაქციის დრო, წთ	ჰიდროლიზი/ექტრაქციის pH	ჰიდრომოდული	ექსტრაქციის ტემპერატურა, °C	მშრალი პექტინის გამოსავალი, %
მანდარინის გამონაწნეხი (მშრალი 10-12%)					
1	30	2,0	1:4	70	8,2
	60	2,0	1:4	70	9,9
	90	2,0	1:4	70	10,7
ვაშლის გამონაწნეხი (მშრალი 10-12%)					
1	30	2,0	1:4	70	4,7
	60	2,0	1:4	70	5,6
	90	2,0	1:4	70	6,9

ცხრილი გვიჩვენებს, რომ დიდი სხვაობებია პექტინოვან ნივთიერებების გამოსავლიანობებში. კარგი შედეგები იქნა მიღებული 90 წთ-იანი ჰიდროლიზი/ექსტრაქციის პირობებში. დროის შემდგომი მატება აქვეითებს გამოსავლიანობის მაჩვენებლებს, რაც დაკავშირებული უნდა იყოს ტემპერატურის ხანგრძლივ ზემოქმედებასთან, რომლის დროსაც დეგრადირდება პექტინები.

ჩვენ აგრეთვე შევისწავლეთ პექტინოვან ნივთიერებათა გამოსავლიანობა pH-თან მიმართებაში, 70 °C ტემპერატურის და გამონაწნეხი:წყალი ჰიდრომოდულის 1:4 პირობებში. ჰიდროლიზი/ექსტრაქციის დრო აღებული იქნა 90წთ. მონაცემები მოცემულია ცხრილში

ცხრილი 4: პექტინოვან ნივთიერებათა ჰიდროლიზი/ექსტრაქცია pH 1,0; 1,5; 2,0 და 3,0 აქტივირებული წყლით, 1:4 ჰიდრომოდულისა და 70 °C ტემპერატურების პირობებში, 90წთ-ის განმავლობაში

რ/№	ჰიდროლიზი/ექტ- რაციის pH	ექსტრაქციის ტემპერატურა, °C	ჰიდრომ- დული	ექსტრაქციის დრო,წთ	მშრალი პექტინის გამოსავალი, %
მანდარინის გამონაწნები (მშრალი 10-12%)					
1	1,0	70	1:4	90	10,6
	1,5	70	1:4	90	10,4
	2,0	70	1:4	90	10,4
	3,0	70	1:4	90	9,2
ვაშლის გამონაწნები (მშრალი 10-12%)					
2	1,0	70	1:4	90	6,7
	1,5	70	1:4	90	6,6
	2,0	70	1:4	90	6,8
	3,0	70	1:4	90	6,3

ცხრილი გვიჩვენებს, რომ pH 1,0 - 3,0 პირობებში დიდი განსხვავებები არ შეიმჩნევა. აგრეთვე დაბალი pH 1,0 – 1,5-ის მიღება შემუშავებული აპარატების მეშვეობით რთული იყო, მოითხოვდა გაცილებით მეტ დროს და დენის დანახარჯებს. აგრეთვე, ხშირად წყლის ხარისხობრივი მაჩვენებლებიც არამდგრადი იყო. ჩვენ ჩავთვალეთ pH-ის ოპტიმალურ მაჩვენებლად pH 2,0. უფრო დაბალი pH (3,0) იწვევდა გამოსავლიანობის უმნიშვნელო კლებას.

ჩვენ შევისწავლეთ აგრეთვე მშრალი გამონაწნების გაზავების მაჩვენებლების გავლენა პექტინოვან ნივთიერებათა გამოსავლიანობის მაჩვენებლებზე და მივიღეთ შემდეგი შედეგები: 1:2 და 1:3 ჰიდრომოდულის პირობებში ერთჯერადი ექსტრაქციისას პექტინების მნიშვნელოვანი რაოდენობა რჩებოდა გამონაწნებში და საჭიროებდა დამატებითი ექსტრაქციის პროცესების ჩატარებას. აღსანიშნავია ისიც, რომ ექსტრაგირებული მასა ნებისმიერ შემთხვევაში საჭიროებდა გამოწნებას, რომ არ დარჩენილიყო ნარჩენი პექტინი. ექსპერიმენტების შედეგად ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა პროცესის ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც ითვალისწინებდა შემდეგ ოპერაციებს: გამონაწნებებს ესხმებოდა ნელ-თბილი წყალი 1:1-თან, ყოვნდებოდა 30-40წთ-ის განმავლობაში, შემდგომ ხდებოდა წყლის მოცილება ცენტრიფუგირებით და გადადიოდა რეაქტორში. აქ ხდებოდა pH 2,0 მჟავე წყლის დამატება, გაცხელება 70 °C და ნელი მორევის პირობებში ექსტრაქციის პროცესების წარმართვა 90 წთ-ის განმავლობაში, რის შემდეგაც განხორციელდა ფაზების (წყალი:გამონაწნები) დაყოფა ცენტრიფუგირებით ან ფილტრაციით. ექსტრაგირებული გამონაწნები დამატებით ექვემდებარებოდნენ გამოწნებას. მიღებული თხევადი ფაზა ემატებოდა უკვე მიღებულ ექსტრაქტს. სპირტით გამოლექვის საშუალებით (ექსტრაქტი: სპირტის თანაფარდობა 1:2-თან) ხდებოდა პექტინოვან ნივთიერებათა გამოლექვა (გამოსალექად გამოიყენებოდა

ურთიერთქმედების შედეგად იღებს მწვანე-მოყვითალო შეფერილობას. იმისათვის რომ მოცილებული იქნას ალუმინის მარილები ნალექს ამუშავებენ ჰიდროქსიმჟავის წყალხსნარით. ეს ხერხი იძლევა საშუალებას მივიღოთ ალუმინისაგან გაწმენდილი ყვითელი მასა, რომელიც იწნეება სითხის მაქსიმალურად მოსაცილებლად /9/.

ამ მეთოდებს აქვს თავისი უარყოფითი მხარე: პირველ შემთხვევაში გამოიყენება ძვირადღირებული კონცენტრირების პროცესი და ძვირადღირებული სპირტი, ხოლო მეორე შემთხვევაში პროცესში შედის ქიმიური რეაგენტი (ალუმინის მარილი) რომელიც საჭიროებს მოცილებას, რაც ართულებს და აძვირებს პროცესს.

ჩვენი მიზანი იყო გამოლექვის პროცესის გამარტივება სხვა მეთოდით. კერძოდ კვლევები ჩატარდა იზოელექტრული გამოლექვის მეთოდის გამოყენებით, რომელსაც ქიმიურ და ფარმაცევტულ პრაქტიკაშიც იყენებენ. ჩვენს მიერ აღებული იქნა ელექტროაქტიური ხსნარით ექსტრაგირებული და დაწმენდილი პექტინოვანი ექსტრაქტები, რომელზე ზემოქმედებაც ხდებოდა სხვადასხვა pH არის პირობებში. pH არეების შექმნა ხორციელდებოდა ელექტროლიზური გზით მიღებული მჟავე და ტუტე ხსნარებით. კვლევებმა აჩვენა, რომ მჟავე ექსტრაქციისას ელექტროაქტიური წყლით pH-ის მაჩვენებელი იცვლება პროცესში. თუ საწყისი ექსტრაქციის pH იყო 2,0, პროცესის ბოლოში ეს მაჩვენებელი იცვლებოდა pH4,2-4,6-ის ფარგლებში. ჩვენ მოვახდინეთ მათზე ზემოქმედება სხვადასხვა pH-ზე რისთვისაც ვიყენებდით pH2,0 ან pH12,0 ელექტროაქტიურ წყლებს. ექსტრაქტებზე ზემოქმედება მოვახდინეთ pH2,5, pH3,0, pH3,5, pH4,0, pH4,5, pH 5,0, pH 5,5, pH 6,0, pH6,5, pH6,0 pH10,5, pH11,0 დიაპაზონებში.

გამოლექვის კარგი შედეგები მიღებული იქნა pH3,2-3,5 დიაპაზონში, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ნალექების სიმკვრივე არ იყო სათანადო. ამ პრობლემის მოსახსნელად დამატებით საჭირო გახდა მცირე დოზით CaCl_2 -ის მსუბუქი ხსნარების გამოყენება. ჩვენი დასკვნით იზოელექტრული გამოლექვის გამოყენება პექტინების მისაღებად მიზანშეწონილია, თუმცა ეს მეთოდი საჭიროებს კიდევ დამატებით კვლევებს და დახვეწას. აღნიშნულის შემდგომ ნალექის გამყარებისათვის და რეცხვისათვის გამოყენებული იქნა სპირტი.

დასკვნის სახით შეიძლება გაეწიოს რეკომენდაცია ახალი ელექტროლიზური ტექნოლოგიის შემოტანას პექტინების ჰიდროლიზი/ექსტრაქციისა და გამოლექვის ეტაპებზე, რაც აადვილებს, ამარტივებს და აიაფებს პექტინების მიღების ტექნოლოგიურ სქემას და მიზანშეწონილი არის მისი გამოყენება.

1. Пектин. Технология производства. Обзорная информация [Internet]. 2014 [cited 2014]. Available from:
<https://membrane.nethouse.ru/static/doc/0000/0000/0221/221091.j4bml72rl6.pdf>
2. Муссович БА. Теоретические и практические основы новых технологий получения пектина из растительного сырья с использованием физических процессов [Internet]. disserCat. 2006 [cited 2026 Sept 22]. Available from:
<https://dissercat.com/content/teoreticheskie-i-prakticheskie-osnovy-novykh-tekhnologii-polucheniya-pektina-iz-rastitelnogo>
3. Lefsih K, Giacomazza D, Farid D, Mangione MR, Bulone D, Pier Luigi SB, et al. Pectin from *Opuntia ficus indica*: Optimization of microwave-assisted extraction and preliminary characterization. Food Chemistry [Internet]. 2017 Apr 15 [cited 2026 Sept 22];221:91–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616317034>
4. Hwang SW, Shin JS. Pectin-coated curcumin-chitosan microparticles crosslinked with Mg²⁺ for delayed drug release in the digestive system. International Journal of Polymer Science. 2018 Sept 17;2018:1–7.
5. Пектин : производство и применение / [Н. С. Карпович, Л. В. Донченко, В. В. Нелина [и др.]] ; под ред. Н. С. Карповича. Киев : Урожай, 1989. 88 с. : ил. ISBN 5-337-00405-0.
6. Muñoz-Almagro N, Valadez-Carmona L, Mendiola JA, Ibáñez E, Villamiel M. Structural characterisation of pectin obtained from cacao pod husk. Comparison of conventional and subcritical water extraction. Carbohydrate Polymers. 2019 Aug;217:69–78.
7. Zhang L, Ye X, Ding T, Sun X, Xu Y, Liu D. Ultrasound effects on the degradation kinetics, structure and rheological properties of apple pectin. Ultrasonics Sonochemistry. 2013 Jan;20(1):222–31.
8. Golubev VN, Tsyganova TB. Pectic polysaccharides – multifunctional ingredients of food and biomedical systems. Health, Food & Biotechnology. 2024 Dec 30;6(4).
9. НПО “альтернатива” - 2.5. ПЕКТИНЫ [Internet]. Alternativa-sar.ru. 2026 [cited 2026 Sept 22]. Available from: <https://alternativa-sar.ru/tehnologu/pishchevye-dobavki-i-ingredienty/donchenko-pishchevaya-khimiya/2694-2-5-pektiny>

Study of Plant-Based Waste from Georgian Processing Facilities and Recommendations for Optimal Processing

Avtandil Tsintskiladze¹, Rauli Gotsiridze², Darejan Chikovani³, Nino Mkheidze⁴, Lela
Surmanidze⁵

¹Batumi Shota Rustaveli State University; Institute of Agrarian and Membrane Technologies, Doctor of Technical Sciences; ²Batumi Shota Rustaveli State University; Institute of Agrarian and Membrane Technologies, Doctor of Chemical Sciences; ³Batumi Shota Rustaveli State University; Institute of Agrarian and Membrane Technologies, Doctor of Chemical Sciences; ⁴Batumi Shota Rustaveli State University; Institute of Agrarian and Membrane Technologies, Doctor of Chemical Sciences; ⁵Masters graduate of Batumi Shota Rustaveli State University

Abstract

This article addresses the issue of utilizing industrial plant waste. It turns out that thousands of tons of plant waste are discarded in landfills in Georgia, even though such waste serves as a valuable raw material for pectin production.

The study reviews current pectin production technologies, characterizing them and identifying associated challenges and drawbacks. Based on this analysis, the authors propose the introduction of new, efficient, simple, and cost-effective processes for the hydrolysis and extraction stages of pectin production. Electro-active solutions obtained via electrolysis technology are presented for use in these processes; these solutions enable the efficient execution of hydrolysis, extraction, and precipitation, while eliminating the need for complex, costly procedures involving chemical reagents for hydrolysis/extraction, concentration, and precipitation with alcohol or salts.

New electrolytic units developed by the research team, capable of producing acidic and alkaline solutions, are presented. The results of extraction and precipitation studies using these solutions are also reported. Based on the findings, the authors recommend the widespread application of electrolytic technologies in the processes of obtaining pectic substances.

Keywords: Pectin, electrolysis, technology